

Schutzschaltungen

Werner Fritsche

21. Mai 2015

- 1 Allgemeines
 - Verpolungs - schutz
 - Überspan - nungsschutz
 - Kurzschluss - schutz
- 2 Beispiele
 - Entprellung
- 3 Referenzen

Was ist eine Schutzschaltung?

Schutzschaltung

Werner
Fritsche

Allgemeines

Verpolungs-
schutz
Überspan-
nungsschutz
Kurzschluss-
schutz

Beispiele

Entprellung

Quellen

- elektrischer Schaltungszusatz (aus verschiedenen elektr. Bauelementen, welche die normalen Betriebsvorgänge nicht beeinflussen)

- elektrischer Schaltungszusatz (aus verschiedenen elektr. Bauelementen, welche die normalen Betriebsvorgänge nicht beeinflussen)
- soll Schädigung vollständig verhindern oder entstehende Schäden so gut wie möglich begrenzen

- elektrischer Schaltungszusatz (aus verschiedenen elektr. Bauelementen, welche die normalen Betriebsvorgänge nicht beeinflussen)
- soll Schädigung vollständig verhindern oder entstehende Schäden so gut wie möglich begrenzen
- dienen, um Störspannung oder Störströme ableiten zu können

- Einsatz in der Spannungsversorgung eines Gerätes

- Einsatz in der Spannungsversorgung eines Gerätes
- Verhindert: falsche Polarität/ begrenzt den durch Verpolung entstehenden Schaden

- Einsatz in der Spannungsversorgung eines Gerätes
- Verhindert: falsche Polarität/ begrenzt den durch Verpolung entstehenden Schaden

Schutzschaltung

Werner
Fritsche

Allgemeines

Verpolungs-
schutz

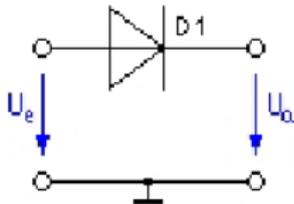
Überspan-
nungsschutz

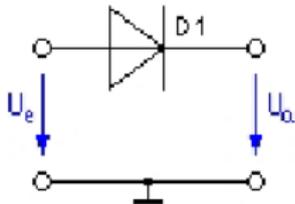
Kurzschluss-
schutz

Beispiele

Entprellung

Quellen





- Diode in Reihe mit Versorgungsspannung

Schutzschaltung

Werner
Fritsche

Allgemeines

Verpolungs-
schutz

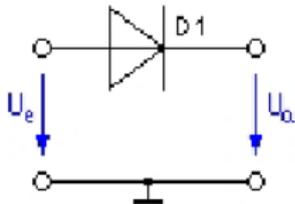
Überspan-
nungsschutz

Kurzschluss-
schutz

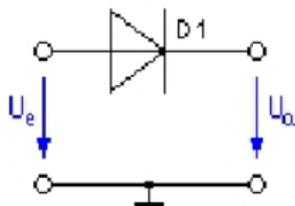
Beispiele

Entprellung

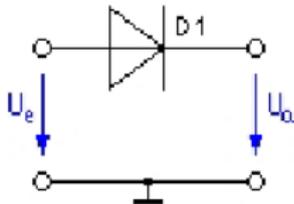
Quellen



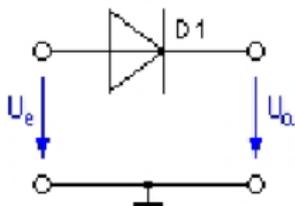
- Diode in Reihe mit Versorgungsspannung
- \Rightarrow Bei Verpolung sperrt die Diode



- Diode in Reihe mit Versorgungsspannung
- \Rightarrow Bei Verpolung sperrt die Diode
- Verbraucher erhält keinen Strom



- Diode in Reihe mit Versorgungsspannung
- \Rightarrow Bei Verpolung sperrt die Diode
- Verbraucher erhält keinen Strom
- **Vorteil:** Verwendung einer Diode



- Diode in Reihe mit Versorgungsspannung
- \Rightarrow Bei Verpolung sperrt die Diode
- Verbraucher erhält keinen Strom
- **Vorteil:** Verwendung einer Diode
- **Nachteil:** Verlustleistung, Spannungsabfall, Durchlassstrom der Diode beachten

Schutzschaltung

Werner
Fritsche

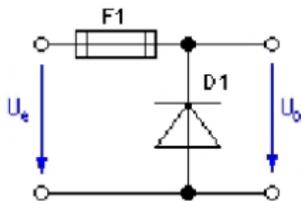
Allgemeines

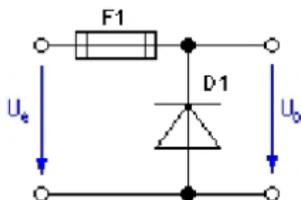
Verpolungs-
schutz
Überspan-
nungsschutz
Kurzschluss-
schutz

Beispiele

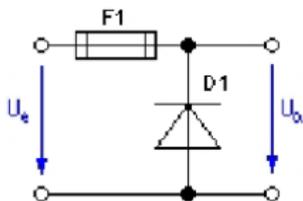
Entprellung

Quellen

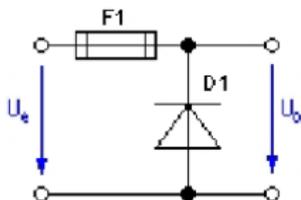




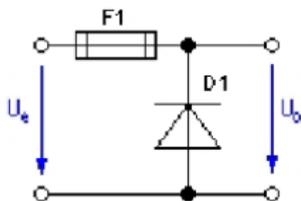
- Diode antiparallel zur Versorgungsspannung+Sicherung



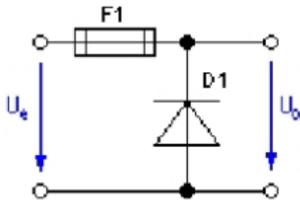
- Diode antiparallel zur Versorgungsspannung+Sicherung
- \Rightarrow Bei Verpolung schliesst die Diode die Versorgungsspannung kurz



- Diode antiparallel zur Versorgungsspannung+Sicherung
- \Rightarrow Bei Verpolung schliesst die Diode die Versorgungsspannung kurz
- Sicherung springt an und verhindert den echten Kurzschluss/Durchbrennen der Diode



- Diode antiparallel zur Versorgungsspannung+Sicherung
- \Rightarrow Bei Verpolung schliesst die Diode die Versorgungsspannung kurz
- Sicherung springt an und verhindert den echten Kurzschluss/Durchbrennen der Diode
- **Vorteil:** Bei exakter Polung hat die Schutzschaltung keinen Einfluss auf den Rest der Schaltung



- Diode antiparallel zur Versorgungsspannung+Sicherung
- \Rightarrow Bei Verpolung schliesst die Diode die Versorgungsspannung kurz
- Sicherung springt an und verhindert den echten Kurzschluss/Durchbrennen der Diode
- **Vorteil:** Bei exakter Polung hat die Schutzschaltung keinen Einfluss auf den Rest der Schaltung
- **Nachteil:** Nach einer Verpolung \rightarrow Austausch der Sicherung

- Einsatz: Eingänge von Schaltungen, Netzteile für unterschiedliche Spannungen

- Einsatz: Eingänge von Schaltungen, Netzteile für unterschiedliche Spannungen
- Zum Schutz: entweder fällt die Spannung am Schutzelement ab oder über das Schutzelement fließt soviel Strom, dass sich die Spannung verringert

- Einsatz: Eingänge von Schaltungen, Netzteile für unterschiedliche Spannungen
- Zum Schutz: entweder fällt die Spannung am Schutzelement ab oder über das Schutzelement fließt soviel Strom, dass sich die Spannung verringert
- Beispiel: Blitzschutz in Antennenzuleitungen

- Spannungsregler-ICs: Ausgangsspannung kann nicht über den Sollwert ansteigen

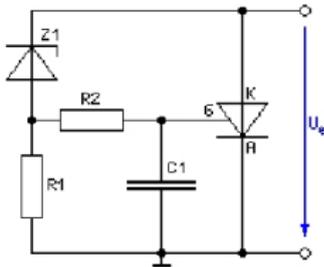
- Spannungsregler-ICs: Ausgangsspannung kann nicht über den Sollwert ansteigen
- Schaltung ohne Spannungsregler:

- Spannungsregler-ICs: Ausgangsspannung kann nicht bei den Sollwert ansteigen
- Schaltung ohne Spannungsregler: Einsatz einer Sicherung zur Strombegrenzung

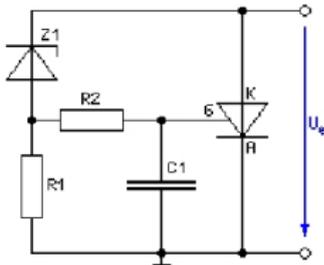
- Spannungsregler-ICs: Ausgangsspannung kann nicht über den Sollwert ansteigen
- Schaltung ohne Spannungsregler: Einsatz einer Sicherung zur Strombegrenzung
- Verwendung von Zenerdiode (Überspannungsschutzdiode) um bei Überspannung viel Strom nach GND fließen zu lassen

- Spannungsregler-ICs: Ausgangsspannung kann nicht über den Sollwert ansteigen
- Schaltung ohne Spannungsregler: Einsatz einer Sicherung zur Strombegrenzung
- Verwendung von Zenerdiode (Überspannungsschutzdiode) um bei Überspannung viel Strom nach GND fließen zu lassen
- Für Signaleingänge: Kombination Serienwiderstand + Diode gegen VCC und GND (ICs)

Zweistufiger Schutz: erste Stufe reduziert anliegende Netzspannung auf einen Wert, damit die zweite Stufe nur noch eine kleine Überspannung abfangen muss

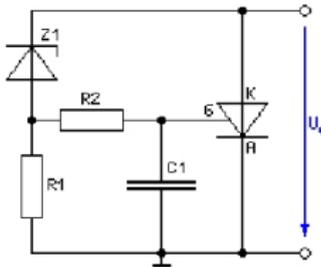


Zweistufiger Schutz: erste Stufe reduziert anliegende Netzspannung auf einen Wert, damit die zweite Stufe nur noch eine kleine Überspannung abfangen muss



- Falls Spannung zu hoch wird → Zündung eines Thyristors(schliesst die anliegende Spannung kurz)

Zweistufiger Schutz: erste Stufe reduziert anliegende Netzspannung auf einen Wert, damit die zweite Stufe nur noch eine kleine Überspannung abfangen muss



- Falls Spannung zu hoch wird → Zündung eines Thyristors(schliesst die anliegende Spannung kurz)
- Spannung muss erst entfernt werden bevor die Schaltung wieder funktioniert

- Verhindert durch: bauliche Massnahmen (Blitzableiter bei Gebäuden, Funkenstrecken bei Auenantennen)

- Verhindert durch: bauliche Massnahmen (Blitzableiter bei Gebäuden, Funkenstrecken bei Auenantennen)
- Schutzschaltungen zum Blitzschutz vierstufig ausgelegt (durch Fachleute installiert)

Spezieller Fall: Elektrostatische Entladungen

- durch Reibung elektrisch aufgeladene Personen, Werkzeuge, Geräte.

Spezieller Fall: Elektrostatische Entladungen

- durch Reibung elektrisch aufgeladene Personen, Werkzeuge, Geräte.
- relativ hohe Spannungen

Spezieller Fall: Elektrostatische Entladungen

- durch Reibung elektrisch aufgeladene Personen, Werkzeuge, Geräte.
- relativ hohe Spannungen
- falls Schaltung berührt wird → kurzzeitig hoher Strom, der ungeschützte Schaltung schädigen kann

Spezieller Fall: Elektrostatische Entladungen

- durch Reibung elektrisch aufgeladene Personen, Werkzeuge, Geräte.
- relativ hohe Spannungen
- falls Schaltung berührt wird → kurzzeitig hoher Strom, der ungeschützte Schaltung schädigen kann
- Schutz: z.B.: Dioden von den Eingängen nach GND und VCC (Dioden sperren)

Spezieller Fall: Elektrostatische Entladungen

- durch Reibung elektrisch aufgeladene Personen, Werkzeuge, Geräte.
- relativ hohe Spannungen
- falls Schaltung berührt wird → kurzzeitig hoher Strom, der ungeschützte Schaltung schädigen kann
- Schutz: z.B.: Dioden von den Eingängen nach GND und VCC (Dioden sperren)
- ICs sind vornherein mit einem solchen Schutz bestückt

Spezieller Fall: Elektrostatische Entladungen

- durch Reibung elektrisch aufgeladene Personen, Werkzeuge, Geräte.
- relativ hohe Spannungen
- falls Schaltung berührt wird → kurzzeitig hoher Strom, der ungeschützte Schaltung schädigen kann
- Schutz: z.B.: Dioden von den Eingängen nach GND und VCC (Dioden sperren)
- ICs sind vornherein mit einem solchen Schutz bestückt
- Ladung aus ESD → in die Entkoppelkondensatoren zwischen VCC und GND geleitet

Spezieller Fall: Elektrostatische Entladungen

- durch Reibung elektrisch aufgeladene Personen, Werkzeuge, Geräte.
- relativ hohe Spannungen
- falls Schaltung berührt wird → kurzzeitig hoher Strom, der ungeschützte Schaltung schädigen kann
- Schutz: z.B.: Dioden von den Eingängen nach GND und VCC (Dioden sperren)
- ICs sind vornherein mit einem solchen Schutz bestückt
- Ladung aus ESD → in die Entkoppelkondensatoren zwischen VCC und GND geleitet
- für stärker gefährdete Eingänge → zusätzlich Varistoren; Zenerdioden

Überspannungsschutz- Beispiel- Freilaufdiode

Schutzschaltung

Werner Fritsche

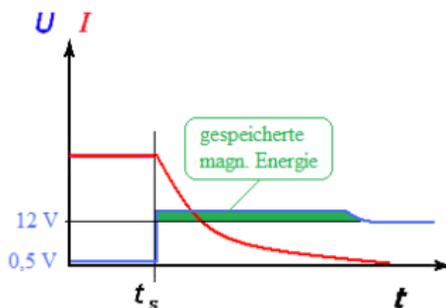
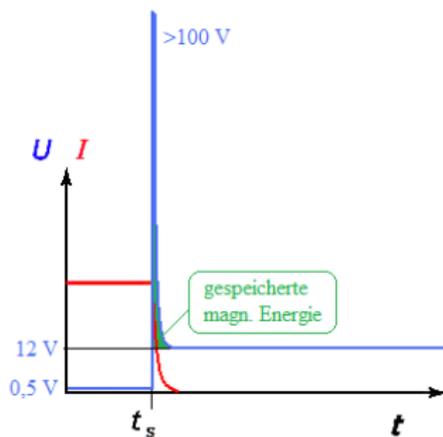
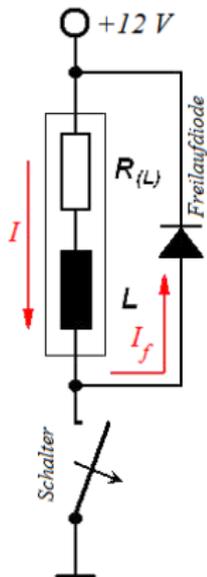
Allgemeines

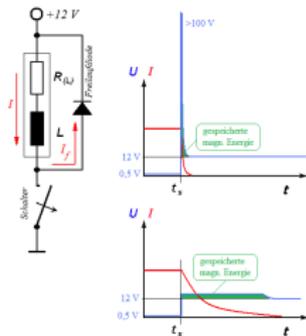
- Verpolungs - schutz
- Überspan - nungsschutz
- Kurzschluss - schutz

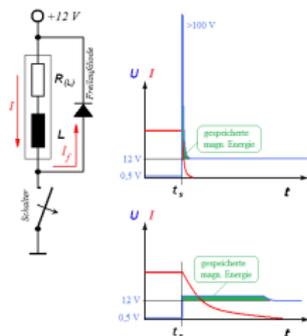
Beispiele

- Entprellung

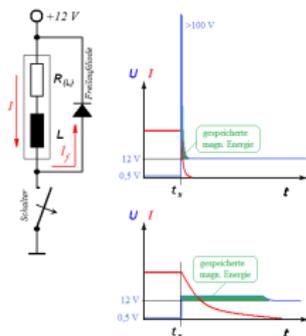
Quellen



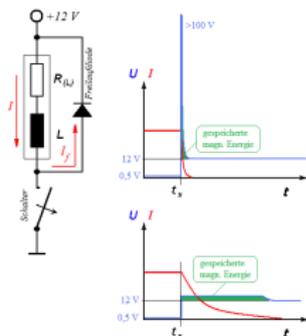




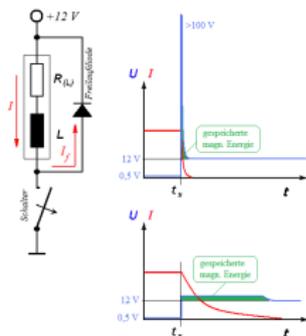
- Halbleiterdiode parallel zu induktiven Gleichstromverbrauchern (von Speisespannung in Sperrichtung beansprucht)



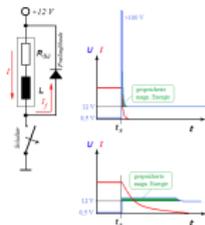
- Halbleiterdiode parallel zu induktiven Gleichstromverbrauchern (von Speisespannung in Sperrichtung beansprucht)
- Anwendung: Schutz vor Überspannung (Abschalten einer induktiven Gleichspannungslast)

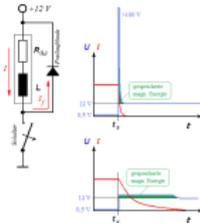


- Halbleiterdiode parallel zu induktiven Gleichstromverbrauchern (von Speisespannung in Sperrichtung beansprucht)
- Anwendung: Schutz vor Überspannung (Abschalten einer induktiven Gleichspannungslast)
- Nach dem Abschalten: Strom fließt i.d. ursprüngliche Richtung weiter (Grund: Selbstinduktion d. Spule)

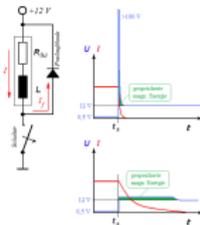


- Halbleiterdiode parallel zu induktiven Gleichstromverbrauchern (von Speisespannung in Sperrichtung beansprucht)
- Anwendung: Schutz vor Überspannung (Abschalten einer induktiven Gleichspannungslast)
- Nach dem Abschalten: Strom fließt i.d. ursprüngliche Richtung weiter (Grund: Selbstinduktion d. Spule)

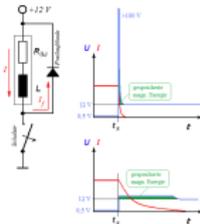




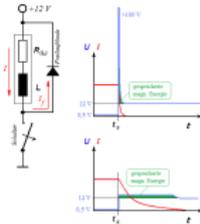
- Ohne Freilaufdiode:
Spannungsspitze + Betriebsspannung → Schädigung oder Zerstörung d. Schaltstrecke



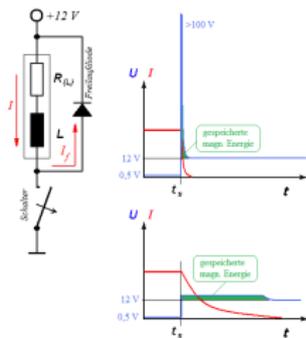
- Ohne Freilaufdiode:
Spannungsspitze + Betriebsspannung → Schädigung oder Zerstörung d. Schaltstrecke
- Mit Freilaufdiode: Spannungsspitze begrenzt sich auf die Durchlassspannung d. Diode (Silizium: 0.7V)



- Ohne Freilaufdiode:
Spannungsspitze + Betriebsspannung → Schädigung oder Zerstörung d. Schaltstrecke
- Mit Freilaufdiode: Spannungsspitze begrenzt sich auf die Durchlassspannung d. Diode (Silizium: 0.7V)
- ⇒ Schutz vor Überspannungen bei elektr. Bauteilen (Transistoren); Schaltkontakte



- Ohne Freilaufdiode:
Spannungsspitze + Betriebsspannung → Schädigung oder Zerstörung d. Schaltstrecke
- Mit Freilaufdiode: Spannungsspitze begrenzt sich auf die Durchlassspannung d. Diode (Silizium: 0.7V)
- ⇒ Schutz vor Überspannungen bei elektr. Bauteilen (Transistoren); Schaltkontakte
- Strom fließt über die Diode; Energie des Magnetfeldes wird (im ohm. Widerstand der Spule und in d. Diode) in Wärme umgewandelt



Freilaufdiode-flyback diode

Schutzschaltung

Werner Fritsche

Allgemeines

Verpolungs -
schutz

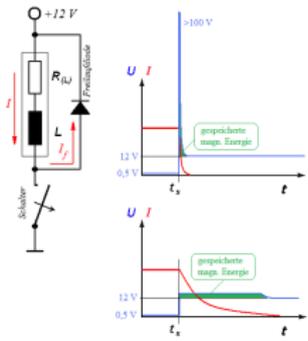
Überspan -
nungsschutz

Kurzschluss -
schutz

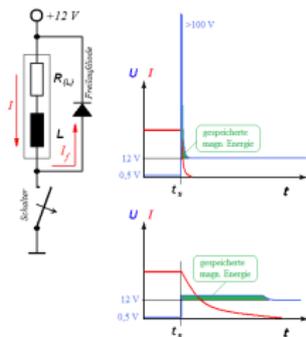
Beispiele

Entprellung

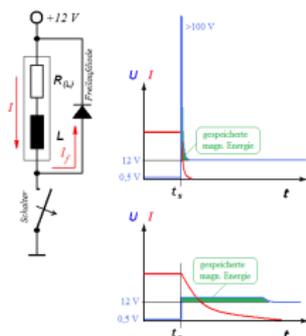
Quellen



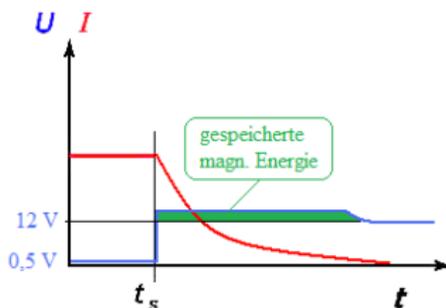
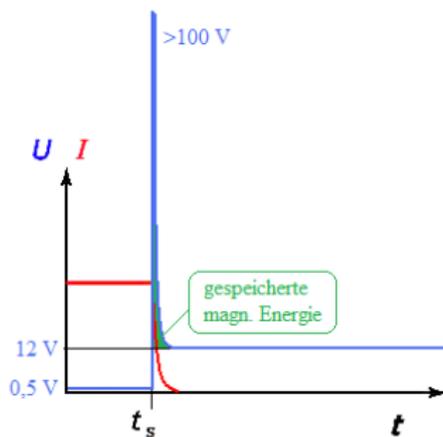
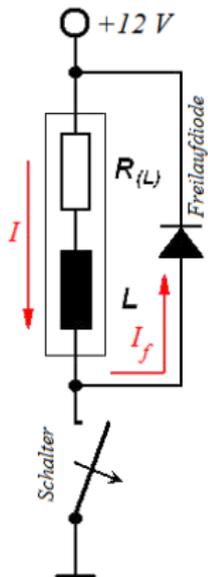
- Diodensperrspannung u. Sperrspannung des Schaltelements: Nur so hoch wie die Schaltspannung(12V) bemessen



- Diodensperrspannung u. Sperrspannung des Schaltelements: Nur so hoch wie die Schaltspannung(12V) bemessen
- Zulässiger Spitzenstrom der Diode muss dem Strom an der Induktivität zum Zeitpkt. des Abschaltens entsprechen.



- Diodensperrspannung u. Sperrspannung des Schaltelements: Nur so hoch wie die Schaltspannung(12V) bemessen
- Zulässiger Spitzenstrom der Diode muss dem Strom an der Induktivität zum Zeitpkt. des Abschaltens entsprechen.
- Abschaltverzögerung verkürzen indem man der gr. Fläche mehr Höhe zugesteht



- Einsatz: Ausgang von Spannungsquellen

- Einsatz: Ausgang von Spannungsquellen
- Verhindert: Schädigung der Spannungsquelle

z.B.: Controller- Ausgänge

- Ausgänge vieler μ Controller und CMOS – Logikschaltungen kurzzeitig kurzschlussfest, weil nur ein (intern) begrenzter Strom fließen kann

z.B.: Controller- Ausgänge

- Ausgänge vieler μ Controller und CMOS – Logikschaltungen kurzzeitig kurzschlussfest, weil nur ein (intern) begrenzter Strom fließen kann
- Schutz: sofern es die Schaltung erlaubt → Serienwiderstand am Ausgang (dient zur Strombegrenzung)

z.B.: Netzteile

- kleine Transformatoren bis etwa 2VA durch den relativ hohen Widerstand der Windungen kurzschlussfest

z.B.: Netzteile

- kleine Transformatoren bis etwa 2VA durch den relativ hohen Widerstand der Windungen kurzschlussfest
- Schutz: Übertemperatursicherung(im Trafogehäuse);

z.B.: Netzteile

- kleine Transformatoren bis etwa 2VA durch den relativ hohen Widerstand der Windungen kurzschlussfest
- Schutz: Übertemperatursicherung (im Trafogehäuse); Schmelzsicherungen (für Spannungen)

z.B.: Netzteile

- kleine Transformatoren bis etwa 2VA durch den relativ hohen Widerstand der Windungen kurzschlussfest
- Schutz:Übertemperatursicherung(im Trafogehäuse);Schmelzsicherungen (für Spannungen)
- Labornetze:zusätzlich den maximalen Strom elektronisch begrenzen

z.B.: Netzteile

- kleine Transformatoren bis etwa 2VA durch den relativ hohen Widerstand der Windungen kurzschlussfest
- Schutz: Übertemperatursicherung (im Trafogehäuse); Schmelzsicherungen (für Spannungen)
- Labornetze: zusätzlich den maximalen Strom elektronisch begrenzen
- Akkus: Kurzschlusschutz (z.B.: Schmelzsicherung)

z.B.: Netzspannung in Netzteilen

- Schutz: Schmelzsicherungen (falls Primärseite des Trafo durchbrennen sollte)

z.B.: Netzspannung in Netzteilen

- Schutz: Schmelzsicherungen (falls Primärseite des Trafo durchbrennen sollte)
- Dimensionierung: eingebaute Sicherung sollte bei einem Kurzschluss immer zuerst ansprechen

z.B.: Netzspannung in Netzteilen

- Schutz: Schmelzsicherungen (falls Primärseite des Trafo durchbrennen sollte)
- Dimensionierung: eingebaute Sicherung sollte bei einem Kurzschluss immer zuerst ansprechen
- Bei Netzinstallationen: elektromechanisch ausgeführt(Sicherungsautomat, Selektive Leitungsschutzschalter-SLS)

z.B.: Netzspannung in Netzteilen

- Schutz: Schmelzsicherungen (falls Primärseite des Trafo durchbrennen sollte)
- Dimensionierung: eingebaute Sicherung sollte bei einem Kurzschluss immer zuerst ansprechen
- Bei Netzinstallationen: elektromechanisch ausgeführt(Sicherungsautomat, Selektive Leitungsschutzschalter-SLS)

Mechanische Schalter neigen beim Ein- und Ausschalten zum sogenannten Prellen

- d.h. sie schalten schnell mehrfach aus und ein

Mechanische Schalter neigen beim Ein- und Ausschalten zum sogenannten Prellen

- d.h. sie schalten schnell mehrfach aus und ein
- verursacht durch mechanische Vibrationen des Schaltkontaktes (sofern sie nicht dagegen geschützt sind)

Mechanische Schalter neigen beim Ein- und Ausschalten zum sogenannten Prellen

- d.h. sie schalten schnell mehrfach aus und ein
- verursacht durch mechanische Vibrationen des Schaltkontaktes (sofern sie nicht dagegen geschützt sind)



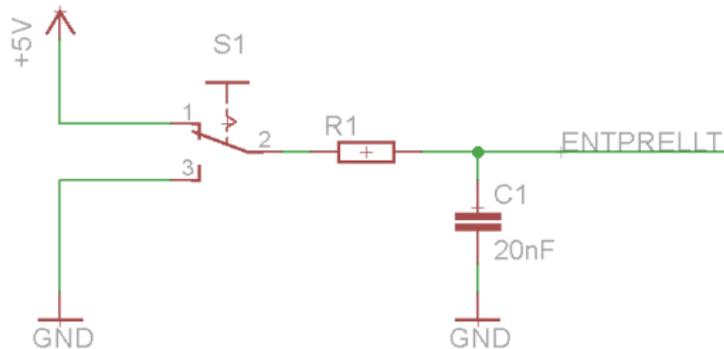


Abbildung: Beispiel

Funktionsweis:

- Beim Umschalten: Kondensator sofort umgeladen

Funktionsweis:

- Beim Umschalten: Kondensator sofort umgeladen
- Während d. Kontakt prellt, befindet er sich i. d. Luft und hat keinerlei Verbindung

Funktionsweis:

- Beim Umschalten: Kondensator sofort umgeladen
- Während d. Kontakt prellt, befindet er sich i. d. Luft und hat keinerlei Verbindung → Während dieser Zeit übernimmt der Kondensator das halten des Pegels

- Stromspitzen verringern → Widerstand einfügen

- Stromspitzen verringern → Widerstand einfügen
- bei niedrigeren Widerständen sind die Stromspitzen höher

Einfacher Taster(Single Throw Switch):

- Einfache Taster entprellen: RC-TP einsetzen

Einfacher Taster(Single Throw Switch):

- Einfache Taster entprellen: RC-TP einsetzen → Kondensator je nach Schalterstellung auf oder entladen

Einfacher Taster(Single Throw Switch):

- Einfache Taster entprellen: RC-TP einsetzen→ Kondensator je nach Schalterstellung auf oder entladen→RC- Glied bildet einen TP, sodass d. Spannung über den Kondensator nicht von einen Pegel zum anderen springen kann

Einfacher Taster(Single Throw Switch)

Schutzschaltung

Werner
Fritsche

Allgemeines

Verpolungs-
schutz
Überspan-
nungsschutz
Kurzschluss-
schutz

Beispiele

Entprellung

Quellen

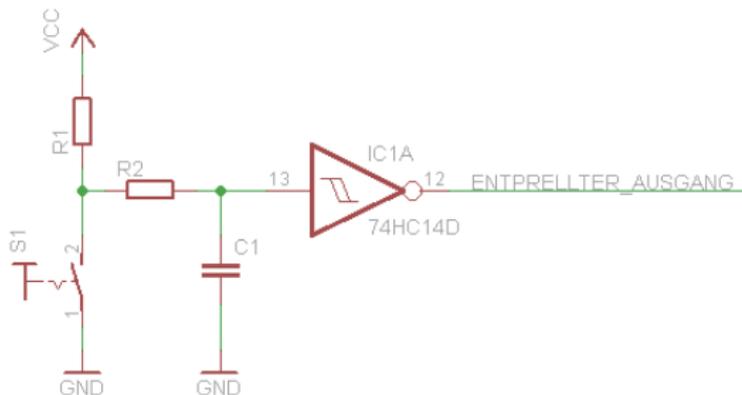


Abbildung: Einfacher Taster

Schutzschaltung

Werner
Fritsche

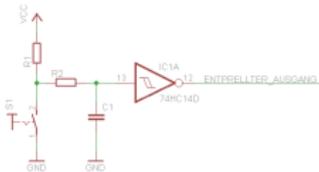
Allgemeines

Verpolungs-
schutz
Überspan-
nungsschutz
Kurzschluss-
schutz

Beispiele

Entprellung

Quellen



Einfacher Taster(Single Throw Switch)

Schutzschaltung

Werner
Fritsche

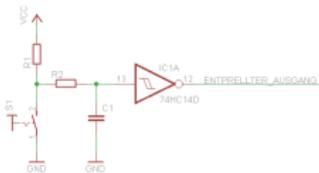
Allgemeines

Verpolungs-
schutz
Überspan-
nungsschutz
Kurzschluss-
schutz

Beispiele

Entprellung

Quellen



- Schalter geöffnet: Kondensator lädt sich langsam über beide Widerstände (R_1 und R_2) auf

Einfacher Taster (Single Throw Switch)

Schutzschaltung

Werner
Fritsche

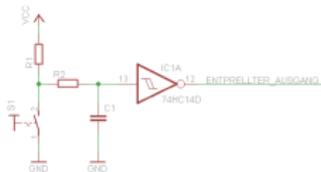
Allgemeines

Verpolungs-
schutz
Überspan-
nungsschutz
Kurzschluss-
schutz

Beispiele

Entprellung

Quellen



- Schalter geöffnet: Kondensator lädt sich langsam über beide Widerstände (R_1 und R_2) auf
- Beim Erreichen der Umschaltschwelle springt d. Ausgang auf den Pegel 0

Einfacher Taster (Single Throw Switch)

Schutzschaltung

Werner
Fritsche

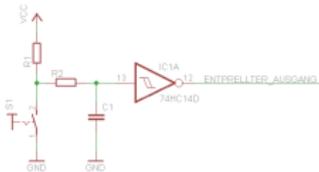
Allgemeines

Verpolungs-
schutz
Überspan-
nungsschutz
Kurzschluss-
schutz

Beispiele

Entprellung

Quellen



- Schalter geöffnet: Kondensator lädt sich langsam über beide Widerstände (R_1 und R_2) auf
- Beim Erreichen der Umschaltschwelle springt d. Ausgang auf den Pegel 0
- Schalter geschlossen: Kondensator entlädt sich langsam über den Widerstand R_2

Einfacher Taster(Single Throw Switch)

Schutzschaltung

Werner
Fritsche

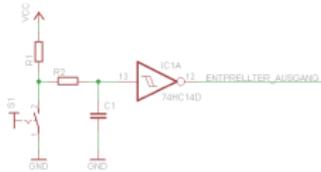
Allgemeines

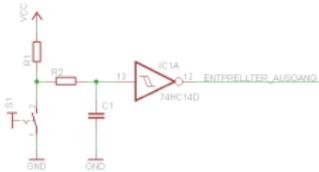
Verpolungs-
schutz
Überspan-
nungsschutz
Kurzschluss-
schutz

Beispiele

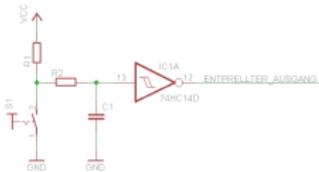
Entprellung

Quellen

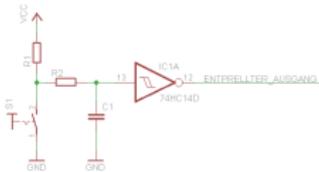




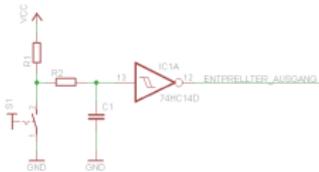
- Während d. Taster prellt kann sich d. Spannung über dem Kondensator nicht sprunghaft ändern



- Während d. Taster prellt kann sich d. Spannung über dem Kondensator nicht sprunghaft ändern→da Auf- und Entladung langsam



- Während d. Taster prellt kann sich d. Spannung über dem Kondensator nicht sprunghaft ändern→da Auf- und Entladung langsam
- Schaltschwellen f. den Übergang LOW→HIGH und HIGH→LOW stark verschieden (siehe Schmitt- Trigger)



- Während d. Taster prellt kann sich d. Spannung über dem Kondensator nicht sprunghaft ändern→da Auf- und Entladung langsam
- Schaltschwellen f. den Übergang LOW→HIGH und HIGH→LOW stark verschieden (siehe Schmitt- Trigger)
- ⇒ Bei richtiger Dimensionierung der Bauelemente wird der Ausgang d. Inverters prellfrei

Einfacher Taster(Single Throw Switch)

Schutzschaltung

Werner Fritsche

Allgemeines
Verpolungs -
schutz
Überspan -
nungsschutz
Kurzschluss -
schutz

Beispiele
Entprellung

Quellen

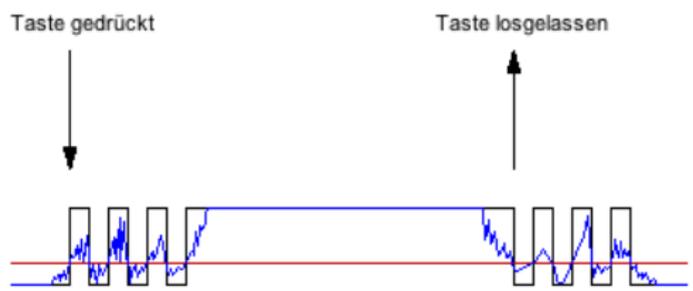


Abbildung: Entstehender Spannungsverlauf

Einfacher Taster (Single Throw Switch)

Schutzschaltung

Werner
Fritsche

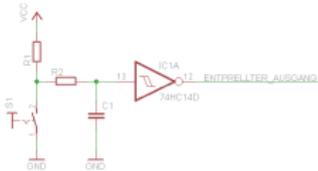
Allgemeines

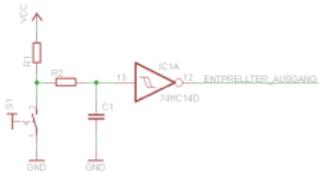
Verpolungs-
schutz
Überspan-
nungsschutz
Kurzschluss-
schutz

Beispiele

Entprellung

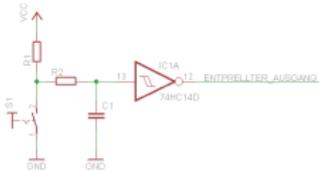
Quellen





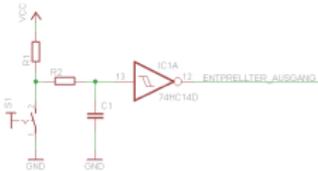
Zu Beachten:

- Inverter mit Schmitt- Trigger- Eingängen



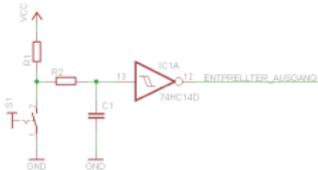
Zu Beachten:

- Inverter mit Schmitt- Trigger- Eingängen → weil bei Standard- Logikeingängen im Bereich von üblicherweise 0,8V-2,0V der Ausgang nicht definiert ist



Zu Beachten:

- Inverter mit Schmitt- Trigger- Eingängen → weil bei Standard- Logikeingängen im Bereich von üblicherweise 0,8V-2,0V der Ausgang nicht definiert ist
- Beim Erreichen der Umschaltsschwelle springt d. Ausgang auf den Pegel 0



Zu Beachten:

- Inverter mit Schmitt- Trigger- Eingängen → weil bei Standard- Logikeingängen im Bereich von üblicherweise 0,8V-2,0V der Ausgang nicht definiert ist
- Beim Erreichen der Umschaltsschwelle springt d. Ausgang auf den Pegel 0
- Schalter geschlossen: Kondensator entlädt sich langsam über den Widerstand R_2

<http://www.mikrocontroller.net/articles/Entprellung>
<http://rn-wissen.de/wiki/index.php/Schutzschaltungen>
Halbleiter-Schaltungstechnik-Tietze- Schenk Wikipedia

Vielen Dank für eure Aufmerksamkeit