

Snubber Circuits

Inhaltsverzeichnis

Snubber Circuits	1
Inhaltsverzeichnis	1
Was ist ein Snubber Circuit?.....	1
Warum sollten Snubber Circuits verwendet werden?.....	1
Funktionsweise einer Snubber - Schutzbeschaltung?.....	1
Anordnung des Snubber Circuits.....	1
Berechnung einer Relaiskontakt - Schutzbeschaltung.....	2
Berechnungsvorlage eines Thyristor/Triac Snubber Circuits zur Begrenzung des Spannungsanstiegs.....	3
Literaturverzeichnis	4
Änderungsindex	4
0100.....	4

Was ist ein Snubber Circuit?

Ein Snubber Circuit (Snubber engl.: Dämpfer, Schwingungsdämpfer; Circuit engl.: Schaltkreis) ist in der Leistungselektronik ein essentieller Schaltkreis um die Langlebigkeit und sichere Funktion von Leistungsschaltern zu gewährleisten. Sie erhöhen die Effizienz und die mögliche Schaltgeschwindigkeit und tragen zur Verminderung der EMV bei. Vereinfacht gesagt ist ein Snubber Circuit eine Schutzbeschaltung eines Leistungsschalters.

Warum sollten Snubber Circuits verwendet werden?

Da eine geschaltete Last in der Regel eine Impedanz darstellt, treten bei Schaltvorgängen unerwünschte Spannungs- oder Stromüberhöhungen auf, welche die Schaltelemente und die steuernde Schaltung, sowie deren Umgebung negativ beeinflussen können. Des Weiteren können diese Effekte unmittelbar oder zeitverzögert zu Fehlfunktionen führen. Snubber Circuits können bei entsprechender Auslegung diese

unerwünschten Eigenschaften vermindern, oder sogar eliminieren. So ist es wichtig bei Relaischaltern Snubber Circuits einzusetzen, da die Lichtbögen bei Schaltvorgängen vermindert werden, und somit eine erhöhte Lebensdauer der Relaiskontakte gewährleistet werden kann. In Konsequenz dazu wird die mögliche Anzahl von Schaltzyklen erhöht, was eine Einsparung in den Material- und Wartungskosten mit sich bringt. Bei Halbleiterschaltern muss auf eine mögliche Überspannung am Bauteil geachtet werden. So kann bei einem Thyristor, oder einem Triac, eine zu schnell ansteigende Überspannung zum unerwünschten Durchschalten führen. Die fehlerfreie Funktion des Bauteils wäre somit nicht mehr gegeben, und hätte die Zerstörung des Bauelements aufgrund unerlaubter Betriebszustände die Folge.

Funktionsweise einer Snubber - Schutzbeschaltung?

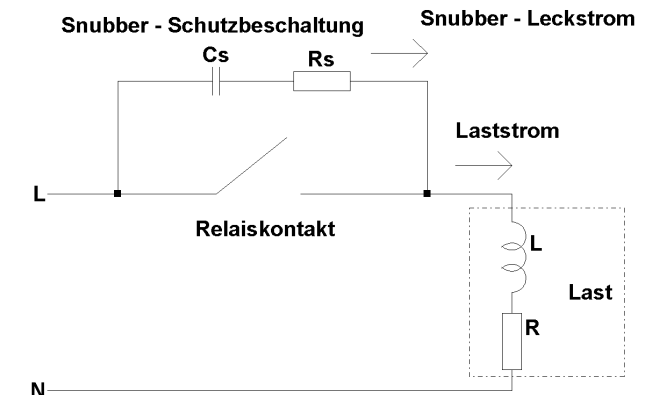
Die Schutzbeschaltung absorbiert die in der Last gespeicherte Energie um den Schalter zu schützen und seine Umgebungsvariablen in seinem sicheren Arbeitsbereich zu halten. Liegt eine induktive Last vor, so ist vor allem das Ausschalten problematisch, da es zu einer Spannungserhöhung durch die in der Induktivität gespeicherte Energie kommt. Die Induktivität möchte den Strom weitertreiben, wodurch Spannungsspitzen im Bereich von Kilo- bis Megavolt entstehen können. Diese Spannungsspitzen sollten besonders bei Relaischaltern vermieden werden, da sie zu Lichtbögen und somit zu Materialwanderung und Zerstörung des Kontaktes führen können.

Anordnung des Snubber Circuits

Für die Anordnung des Snubbers muss zunächst die Art der Last bekannt sein. Da der Schaltkreis für die diese ausgelegt sein muss, kann kein universeller Schutzschaltkreis entwickelt werden.

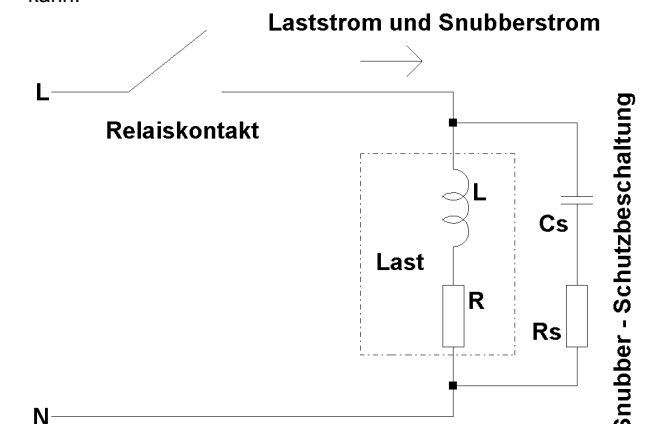
Für eine induktive Last muss der Snubber entweder parallel zum Schalter oder zur Last angebracht werden und besteht im einfachsten Fall aus einem Widerstand und einer Kapazität. In der Anordnung über dem Schalter nimmt der Strom beim Abschalten den Weg über den Snubber und klingt dann langsam ab. Durch die Beschaltung ist aber bei Wechsellspannung weiterhin ein Stromfluss durch den Snubber vorhanden. Hier muss auf die richtige Auswahl der Bauteilwerte

geachtet werden. Durch den ständigen Stromfluss durch die Last wird auch im ausgeschalteten Zustand Strom verbraucht.



Anordnung der Schutzbeschaltung über dem Schalter

Wird der Snubber über der Last angebracht, so wird der Stromfluss über den Schalter ebenfalls abrupt gestoppt, und der Snubber Circuit wird wieder aktiv. Im Gegensatz zu vorher kann im ausgeschalteten Zustand kein Strom über die Last fließen, jedoch ergibt sich ein Stromfluss über den Snubber bei geschlossenen Schalter. In dieser Anordnung muss der Strom nicht den Weg über den Neutralleiter zurücknehmen was unter Umständen zu einem verbesserten EMV - Verhalten führen kann.



Anordnung der Schutzbeschaltung über der Last

Es gilt also abzuwiegen, ob es für die Anwendung sinnvoller ist den Snubber Circuit über der Last, oder über dem Schalter anzubringen um den Verlust so niedrig wie möglich zu halten. Die Schutzbeschaltung hat in beiden Fällen die Aufgabe die gespeicherte Energie in Wärme umzuwandeln und so den Lichtbogen am Relaiskontakt zu verhindern. Generell empfiehlt es sich die Schutzbeschaltung so nah als möglich, je nach Wahl, an den Verbraucher, oder dem Schalter anzubringen.

Berechnung einer Relaiskontakt-Schutzbeschaltung

Mit dem Excel – Blatt soll es dem Anwender ermöglicht werden eine schnelle und einfache Berechnung von Snubber – Schutzbeschaltungen für induktive Lasten vorzunehmen. Zu Beginn muss der Anwender entscheiden, ob es für die Anwendung sinnvoller ist die Schutzbeschaltung über der Last oder über dem Schalter anzubringen. Ist die Last länger Ein- als Ausgeschaltet, so empfiehlt es sich den Snubber über dem Schalter anzubringen. Überwiegt hingegen die Stillstandszeit, so sollte der Snubber über der Last angebracht werden. In den meisten Fällen kann auch die Anbringungsmöglichkeit entscheidend sein. In allen Fällen sollte der Leckstrom in der Berechnungsunterlage beachtet werden. Wurde die Anordnungsart gewählt, so müssen die Frequenz und der Effektivwert der geschalteten Spannung in die Vorlage eingetragen werden.

Als nächster Schritt muss der Nennstrom der Last ermittelt werden. Dieser kann entweder dem Datenblatt des Verbrauchers entnommen, oder gemessen werden. Dieser Verbraucher muss induktiv sein. Die Berechnung mittels dieser Excel – Blätter kann ausschließlich für induktive Lasten vorgenommen werden.

Eingabefelder		Einzutragende Werte	
Feld	Wert	Anmerkung	
Netzfrequenz f [Hz]	50	Frequenz der Versorgungsspannung	
Versorgungsspannung U [V RMS]	230	Effektivwert der Versorgungsspannung	
Laststrom I _L [A RMS]	3,60	Nennstrom der zu schaltenden Last	
Dämpfungsgrad	0,23	Dämpfungsgrad wirkt sich auf den V	
Voreingestellt	0,23	Umso kleiner der Dämpfungsfaktor, Nachschwingen der Spannung beim	
Maximaler Relaiseinschaltstrom [A]	40	Strom der beim Schließen der Kont	

Zur Komplettierung der Eingabefelder muss der maximale Relaiseinschaltstrom eingegeben werden, sofern dieser aus dem Datenblatt des Relais entnommen werden kann. Das Feld „Dämpfungsgrad“ ist voreingestellt und kann nicht verändert werden. Mit dieser Konstante wird die

Nachschwingdauer und somit die Zeit in der die Energie umgewandelt werden muss bestimmt. Der sich ergebende Dämpfungsgrad muss hingegen nach der Auswahl der Bauteilwerte kontrolliert werden.

Im Berechnungsbeispiel wurde eine induktive Last mit einem Nennstrom von 3,6 Ampere bei einer Versorgungsspannung von 230 Volt und 50 Hertz angenommen.

Die Ergebnisse aus der Berechnung kann den Feldern unter „Ergebnisfelder entsprechend Eingabefelder“ entnommen werden.

Ergebnisfelder entsprechend Eingabefelder			
Feld	Wert	Anmerkung	
Kapazität Cs [nF]	545 nF	Kapazität des Snubberkondensators in Nanc 3 A bis 10 A: Cs > 500 nF über 10 A: Cs > 1 µF	
Widerstand Rs [Ω]	281 Ω	Wert des Snubberwiderstands in Ohm Bei großen Strömen muss der Widerstandsv gehalten werden. ! Wichtig ist die hohe Impulsbelastbarkeit de	
Vpeak [V]	3110,02	Die kurzzeitig an den Schaltkontakten beim anliegende Spannung. (Näherung im schlech	
Leistungspeak im Widerstand [W]	7283,47	Die maximale kurzzeitige Leistung, die der V umsetzen muss.	
Zeitdauer des Leistungspeaks [µs]	522,94	Zeitdauer bis der stärkste Leistungspeak im	
Spannungspeak am Widerstand [V]	1430,61	Max. Spannungspeak durch Einschalt- oder	

So wird für die Snubber – Beschaltung eine Kapazität mit 545 nF und einem Widerstand mit 281 Ω berechnet. Weiters kann hier die maximale Spannung über dem Relaiskontakt entnommen werden. Dieser Wert kann maximal im schlimmsten Fall auftreten, wenn der Schalter im Moment des Strommaximums durch die Last abschaltet. In diesem Zeitpunkt ist die meiste Energie in der Spule gespeichert. Ohne eine Snubber – Schutzbeschaltung wäre dieser Wert in der Praxis sehr hoch (kV bis MV). Daraus ergibt sich eine Entladung der Spannung über einem Lichtbogen. Die Schutzbeschaltung kann somit diesen Lichtbogen vermindern oder sogar eliminieren.

Weitere Aufmerksamkeit muss den Feldern „Leistungspeak im Widerstand“, „Zeitdauer des Leistungspeaks“ und „Spannungspeak am Widerstand“ geschenkt werden. Sie sind wichtige Indikatoren für die Auswahl des Snubber Widerstands. Dieser muss die Fähigkeit besitzen, die in der Last gespeicherte Energie in kurzer Zeit in Wärme umzusetzen. Diese Widerstände werden von den Herstellern meist als „High Surge Resistors“ (Surge engl: der Stromstoß, oder auch plötzlicher Anstieg) bezeichnet. Hier bieten vor allem Carbon Composition Widerstände die benötigten Anforderungen. In den Datenblättern dieser Widerstände ist die zu wandelnde Energie oft in Joule [J] angegeben. Dieser Wert kann ebenfalls aus den Ergebnisfeldern entnommen werden.

E_C [J] oder [Ws]	0,03	Energie die im Kondensator gespeichert umgesetzt werden muss.
E_L [J] oder [Ws]	2,64	Energie die im Magnetfeld der induktivi Widerstand in Wärme umgesetzt werd

Diese Angaben können die Auswahl eines passenden Widerstands erleichtern. Als Beispiele solcher Widerstände können die Serie „A“ von Ohmite oder auch die Serien „CC“ und „PCN“ von RCD angeführt werden.

Da die errechneten Werte entsprechend der Eingabe in der Regel nicht beziehbaren Bauteilwerten entsprechen, werden im folgenden Abschnitt, „Gewählte Werte“, die gewählten und verfügbaren Bauteilwerte eingetragen. Diese Werte sollten sich im Idealfall nicht sehr von denen aus der Berechnung unterscheiden. Hier kann dann eine Kapazität aus der E6-Reihe gewählt werden, oder wenn eine Parallelschaltung von 2 oder mehr Kapazitäten verwendet wird, der Gesamtwert (C1 + C2 + ...) eingetragen werden. Eine Parallelschaltung von Kapazitäten ändert nichts an deren Anforderungen bezüglich Spannungsfestigkeit und Spannungsanstieg. Dieser Wert kann im grauen Feld eingetragen werden.

Für den Widerstand kann ebenfalls ein Wert aus der E6 – Reihe gewählt werden. Wird eine Reihenschaltung von Widerständen verwendet, so kann dieser Wert in dem grauen Feld eingetragen werden.

Gewählte Werte		
Feld	Wert	Anmerkung
Passenden Wert aus E6-Reihe wählen	470 nF	Der gewählte Kondensator muss für hohe Impuls
Bei Parallelschaltung von Kapazitäten		Spannungen ausgelegt sein.
Wert aus der Berechnung (C1+C2 + ...) bitte im		z. Bsp. WIMA Snubber MKP
Feld rechts eintragen, ansonsten frei lassen.		
Gewählter Kapazitätswert:	470 nF	
Passenden Wert aus E6-Reihe wählen	0 Ω	Der Widerstand muss ebenfalls wie der Kondens
oder bei Reihenschaltung Gesamtwiderstand		Impulsfestigkeit aufweisen. (High Surge Resistor
(R1 + R2 + ...) im grauh hinterlegten Feld eintragen.		Es wird empfohlen Impulsfeste Carbon Composi
Ansonst bitte frei lassen	300 Ω	Widerstände zu verwenden. z. Bsp. Ohmite Serie
Gewählter Widerstandswert:	300 Ω	oder RCD Surge/Comp Series (CC, PCN, ...)

Im Berechnungsbeispiel wurde eine Serienschaltung aus zwei 150 Ω Widerständen gewählt. Daraus ergibt sich ein Widerstandswert von 300 Ω.

Nun gilt es die Abweichung die durch die Wahl von Bauteilwerten entsteht zu überprüfen, und die Ergebnisse für die Wahl der Bauteile zu interpretieren.

Ergebnisfelder entsprechend gewählter Werte		
Feld	Wert	Anmerkung
Maximale Verlustleistung des Widerstands	7,5 W	Empfohlene Verlustleistung des Widerstands bei Verwendung eines Carbon Composition Widerst
Vpeak [V]	3348,93	Die kurzzeitig an den Schaltkontakten anliegende S (Näherung im schlechtesten Fall)
Leistungspeak im Widerstand [W]	7776,00	Die maximale kurzzeitige Leistung, die der Widerst umsetzen muss.
Spannungspeak am Widerstand [V]	1527,35	Max. Spannungspeak durch Einschalt- oder Aussc

Für diese Anwendung wird eine durchschnittliche Verlustleistung des Widerstands mit 7,5 Watt angegeben. Werden nun die zwei 150 Ω Widerstände mit jeweils 5 Watt gewählt, so ergibt sich eine gesamte Verlustleistung von 10 Watt. Dieser Wert ist für die Anwendung als Empfehlung anzusehen, da die Impulsfestigkeit des Widerstands in dieser Anwendung ausschlaggebend ist. Den rot markierten Feldern muss bei der Bauteilwahl besondere Aufmerksamkeit zukommen, da diese Werte relativ hoch sind und die Belastungsgrenzen der eingesetzten Bauteile leicht überschritten werden könnten. Wie zuvor erläutert wird die Impulsenergie die ein solcher Snubberwiderstand in Wärme umwandeln kann, ohne Schaden zu nehmen, in den Datenblättern der jeweiligen Bauteilserien angegeben. Dafür kann den Ergebnisfeldern die in der Induktivität gespeicherte Energie in Joule entnommen werden.

E_C [J] oder [Ws]	0,02	Energie die im Kondensator gespeichert ist und umgesetzt werden muss.
E_L [J] oder [Ws]	2,64	Energie die im Magnetfeld der Induktivität gespeichert wird und in Wärme umgesetzt werden muss.

Unter Umständen kann auch ein Diagramm in den Datenblättern angegeben sein, welches Aufschluss über die maximale Spannung am Widerstand in Betracht auf die Zeit gibt. Das Feld „Zeitdauer des Leistungspeaks [µs]“ gibt eine ungefähre Zeit an in der, der stärkste Leistungs-, und somit auch Spannungsimpuls am Widerstand abgeklungen ist. Man sollte die Widerstände nicht unterdimensionieren, da diese auch die eventuell in der Last gespeicherte kinetische Energie (z. Bsp. Motor) in Wärme umwandeln müssen.

Die Änderung der Bauteilwerte kann unter Umständen einige Auswirkung auf das Verhalten der Beschaltung bezüglich Leckstrom und Nachschwingdauer haben.

Leckstrom über den Snubber [mA RMS]	32,52	Dieser Strom fließt nur bei geschlossenem Schalter
Laststrom zu Snubberstrom	0,009	Verhältnis des Last- zum Snubberstrom bei Anschlag
Dämpfungsgrad	0,228	Der Dämpfungsgrad sollte nicht allzu sehr vom 1 abweichen

Da die Kapazität mit dem Widerstand in Serie einen Hochpass bildet, kommt es zu einem Leckstrom über die Beschaltung. Da dessen Auftreten von der Anordnung der Schutzbeschaltung abhängt, wurde er bereits im Abschnitt Anordnung des Snubber Circuits behandelt. Durch eine Ungünstige Wahl der Bauteilwerte kann dieser Leckstrom vergrößert werden. Die Berechnung wurde so ausgelegt, dass der Leckstrom im Normalfall ein Hundertstel des Nennstroms beträgt. Leider kann dieser Nebeneffekt bei einer Versorgung durch eine Wechselspannung nicht vermieden werden. Würde man die Schutzbeschaltung überdimensionieren, so kann der Leckstrom zu groß werden, und die Schaltung würde unwirtschaftlich werden.

Für die Wahl des Snubberkondensators empfiehlt es sich für diese Applikation ausgelegte Bauteile zu verwenden, da die Impulsbelastbarkeit sehr groß sein muss. Hier soll als Beispiel die Serie „Snubber MKP“ von WIMA angeführt sein. Diese Polypropylenfilm – Kondensatoren besitzen eine ausgezeichnete Spannungsfestigkeit und für die Verwendung als Schutzelement ausgelegt.

Berechnungsvorlage eines Thyristor/Triac Snubber Circuits zur Begrenzung des Spannungsanstiegs

Wie zuvor schon erläutert wurde, werden bei Thyristoren und Triacs Snubber – Schutzbeschaltungen benötigt, um diese vor Überspannungen zu schützen welche die Bauteile zu ungewollten Zeitpunkten durchschalten könnten. Wie auch schon bei den Relaiskontaktschutzbeschaltungen formen die Lastinduktivität und die Schutzbeschaltungen einen gedämpften RLC – Schwingkreis. Da hier der Stromfluss immer beim Rücklauf auf Null unterbrochen wird, ist keine Energie in der Induktivität der Last gespeichert und die Anforderungen an die Bauteile sind geringer als bei Relaiskontaktschutzbeschaltungen. Wird zum Beispiel ein Motor geschaltet, so muss die auch die gespeicherte kinetische Energie des Motors in Wärme umgewandelt werden. Hierzu müssen die Widerstände größer dimensioniert werden als angegeben, da eine größere Energiemenge in Wärme umgewandelt werden muss.

Auch für diese Beschaltung besteht ein Blatt im Excel – Sheet. Hier muss wieder die Nennspannung sowie deren Frequenz und der Nennstrom der Last eingegeben werden.

Eingabefelder		
Feld	Wert	Anmerkung
Netzfrequenz f [Hz]	50	Frequenz der Versorgungsspannung
Versorgungsspannung U [V RMS]	120	Effektivwert der Versorgungsspannung (=Effektivwert)
Laststrom I_L [A RMS]	8,00	Nennstrom der zu schaltenden Last (Motor, etc.)
Dämpfungsgrad	0,6	Dämpfungsgrad wirkt sich auf den Widerstand R_s aus.
Werkseinstellung	0,6	Umso kleiner der Dämpfungsfaktor, umso länger das Nachschwingen der Spannung beim Ausschalten
dV / dt [V / µs]	5	Wert aus dem Datenblatt
Schaltfrequenz f_s [Hz]	100	Schaltfrequenz

Des Weiteren kann der Dämpfungsgrad gewählt werden, und der maximale Spannungsanstieg pro Mikrosekunde des Thyristors oder Triacs muss angegeben werden. Zur Berechnung der Verlustleistung des Widerstands muss die Schaltfrequenz angegeben werden.

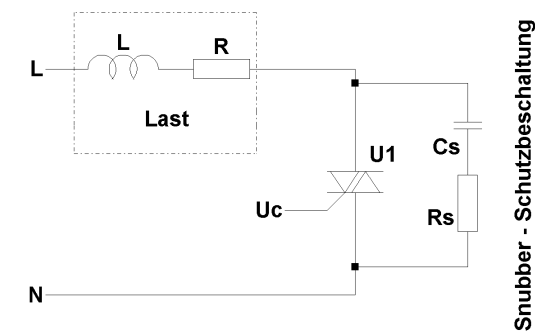
Wieder werden in den Ergebnisfeldern die berechneten Werte dargestellt.

Im darauf folgenden Abschnitt können wieder die Bauteile entweder aus der E6-Reihe ausgewählt werden, oder in die dafür vorgesehenen grauen Felder eingetragen werden. Da sich durch die Wahl der Bauteile die Parameter ändern können, müssen die Veränderungen überprüft werden.

Ergebnisfelder entsprechend gewählter Werte		
Feld	Wert	Anmerkung
Dämpfungsgrad	0,645	Der Dämpfungsgrad sollte nicht allzu sehr vom 1 abweichen
Maximale Verlustleistung des Widerstands	1,10	Empfohlene Verlustleistung des Widerstands bei Verwendung eines Carbon Composition Widerstands
V_peak [V]	212,13	Die kurzzeitig am Schaltkontakt anliegende Spannung U _c (Näherung im schlechtesten Fall)
P_peak [W]	22,15	Kurzzeitige Impulsleistung die der Widerstand verarbeiten kann
I_leak [mA]	1,74	Strom der über den Snubber bei geöffnetem Schalter fließt
dV/dt max	4,62	Maximaler Spannungsanstieg am Thyristor/Triac.

Vor allem die Felder „Leckstrom [mA]“ und „dV/dt max [V/µs]“ sollten überprüft werden.

Auch hier sollten, wie in der Anwendung für Relaiskontaktschutzbeschaltungen, Impulsfeste Snubberwiderstände und -kapazitäten verwendet werden.



Snubber Schutzbeschaltung für Thyristoren/Triacs

Mit diesem Anwendungshinweis und der Berechnungsvorlage soll es dem Benutzer vereinfacht werden, Werte für eine passende Schutzbeschaltung zu erlangen. Es kann dem Benutzer hingegen nicht abgenommen werden passende Bauteile für die jeweilige Applikation auszuwählen. Die Funktion und Lebensdauer der Schutzbeschaltung hängt entscheidend von der Qualität und den Belastungsgrenzen der Bauteile ab und muss für die jeweilige Applikation angepasst werden. Des Weiteren wird es nicht ausgeschlossen, dass die angeführten Schaltungen und de dafür erlangten Werte für manche Anwendungen nicht verwendet werden können

Literaturverzeichnis

Templeton, George. „RC Snubber Networks For Thyristor Power Control and Transient Suppression“, AN1048/D, ON Semiconductor, June 2008

„RC Snubber Networks For Thyristor Power Control and Transient Suppression“, AN-3008, Fairchild Semiconductor, 2002

„Application Guide Snubber Capacitors“, Cornell Dubilier Electronics, Inc., 2010

Todd, Philip C. „Snubber Circuits: Theory, Design and Application“, Unitrode Corporation, 1993

„RC Snubber Circuit Design For TRIACs“, AN437, STMicroelectronics, October 2007

„An Introduction to Carbon Composition Resistors“, Welwyn Components Limited,

Keuter, Wolfgang. „Das Stellen und Schalten von Wechselgrößen“, Hüthig, 1982, ISBN 3-7785-0761-3

Minovic, M. „Schaltgeräte – Theorie und Praxis“, Hüthig & Pflaum Verlag, 1977, ISBN 3-8101-0035-8

Änderungsindex

0100

Techniker	Peter Reiter/Thomas Platzer
Datum	15/10/2010
Grund der Änderung	Erstellung
Beschreibung der Änderung	

Sämtliche aufgeführte Produktbezeichnungen, Logos und Signets sind Warenzeichen der jeweiligen Hersteller und Inhaber. Die Aufzählung oder namentliche Verwendung dient ausschließlich dem Verständnis des Lesers

Copyright 2010 HIQUEL GmbH, Bairisch Kölldorf 266, A-8344 Bad Gleichenberg

Alle Rechte vorbehalten.

Die in diesem Artikel veröffentlichten Beiträge, insbesondere alle Aufsätze und Artikel sowie alle Entwürfe, Pläne, Zeichnungen und Illustrationen sind urheberrechtlich geschützt. Ihre auch nur auszugsweise Vervielfältigung und Verbreitung ist grundsätzlich nur mit vorheriger schriftlicher Zustimmung des Herausgebers gestattet.

Die in diesem Artikel vorhandenen Informationen werden ohne Rücksicht auf einen vorhandenen Patentschutz veröffentlicht. Bei der Erstellung von Texten und Abbildungen wurde mit größter Sorgfalt vorgegangen. Eventuell vorhandene Fehler können jedoch nicht ausgeschlossen werden. Die HIQUEL GmbH sowie der Autor können jedoch keine Haftung jeweiliger Art für fehlerhafte Angaben und der Folgen übernehmen.