

Springende Fahrstufen Problem beim FREDi

Zusammenfassung

Durch eine Schwäche im Hardwaredesign der analogen FREDis (Poti) 1.6, 1.7 und 1.8 kann es zu unkontrollierter Lokbewegung kommen, obwohl die Fahrstufe 0 eingestellt ist. Im folgenden wird die Problemanalyse beschrieben und 2 Umbauvarianten vorgestellt. Den Abschluss bildet eine detaillierte technische Beschreibung.

Problem

Mit dem Betreff „Programmierhilfe für meine FREDis gesucht“ wurde in der Yahoo-Liste fremodcc auf ein FREDi-Problem hingewiesen. Das Problem äußert sich so, dass sich eine Lok quasi sprungweise bewegt, wenn der zugewiesene FREDi am LocoNet angeschlossen ist und die Geschwindigkeit auf null steht. Dieses Problem tritt bei einzelnen FREDis des Hardware-Stands 1.7 auf, wurde aber auch von wenigen FREDis 1.8 gemeldet. Dieses Problem wurde nicht bei der Drehimpulsgeber-Variante des FREDis gemeldet. FREDs sind von diesem Problem nicht betroffen!

Analyse

Die Analyse des Problems zeigte, dass ein betroffener FREDi beliebige Fahrstufen über das LocoNet sendet, so dass sich eine Lokbewegung ergibt, die dem Programmiergleisverhalten etwa entspricht. Die detaillierte Analyse ergab, dass die Versorgungsspannung innerhalb des FREDis nicht sauber war und dadurch das Fehlverhalten begründet ist. Das Fehlverhalten ist Temperatur abhängig, d.h. werden FREDis gekühlt tritt der Effekt der sich bewegenden Lok stärker hervor.

Abhilfe: Die Versorgungsspannung muss durch einen Kondensator geglättet/bereinigt werden. Dieser Kondensator muss auf der Niederspannungsseite des FREDi internen Spannungsreglers installiert werden. Der neu einzubauende Kondensator muss exakt der hier angegebene Typ sein. Wer Feld-Wald-und-Wiesen Elkos verwenden will, sollte hier abbrechen und sich über die springende Lok ärgern. Der Umbauaufwand lohnt nicht!

Umbaualternativen

Es sind zwei einfache Alternativen beim Umbau möglich, die mit den Varianten „B“ und „C“ beschrieben sind und mit einem kleinen Hardwareumbau das Problem beheben. Variante „C“ nutzt dazu bedrahtete Bauteile die Variante „B“ SMD.

Beide Varianten sind gleichwertig. Es ist reine „Geschmackssache“ des Lötlers, welche er bevorzugt. Zur leichteren Identifizierung eines umgebauten FREDis soll die Variante von außen auf dem Gehäuse vermerkt werden. Bei der Variante „B“ wird der neue Kondensator als keramischer Kondensator in SMD-Bauform mit einem Serienwiderstand auf vorhandene Löt pads aufgebaut. Diese Variante hat die Nachteile, dass das Löten schwieriger ist und der Abstand zwischen den Pins und dem neuen Kondensator länger ist.

Bei der Variante „C“ wird ein bedrahteter Elko direkt an die Pins des Spannungsreglers gelötet. Das ist auch nicht ganz einfach, aber deutlich einfacher als der Einbau von SMD-Bauteilen. Daher wird die Variante „C“ hier zuerst beschrieben.

Teilweise sind nur Fotos einer FREDi Version (1.7 oder 1.8) hier aufgeführt. Diese gelten dann automatisch für die andere mit.

Springende Fahrstufen Problem beim FREDi

Umbau der Variante „C“

Neu zu beschaffender Kondensator (einmal je FREDi):

Hersteller	Bestellnummer	Lieferant	Bestellnummer
Panasonic	EEAFC1E220H oder EEAFC1E220B	Reichelt	RAD FC 22/25
		Farnell	2284444

Bei Bestellung bei Reichelt bitte überprüfen, dass unter der Bestellnummer dort wirklich der Typ von Panasonic geliefert wird und nicht inzwischen ein anderer.

Dieser Kondensator 22 μ F/25V im Raster 2,0mm hat sich als optimal für den Umbau erwiesen. Der Einbau wird im Folgenden detailliert. Wichtig dabei ist, dass die Anschlussbeine des Kondensators so dicht wie möglich an den Pins des Spannungsreglers angelötet werden.

1. „Platz schaffen“

hierbei werden die Kondensatoren C1 und C5 bei der Hardware 1.6, 1.7 und 1.8 ausgelötet. Werden nicht mehr benötigt. Den Keramik Kondensator kann mit dem LötKolben so aufheizen, dass er sich selbst auf beiden Seiten ablötet – mit Pinzette greifen und weg. Beim Elko ist eine Seite mit dem LötKolben zu erwärmen, hochklappen und dann die andere Seite ablöten. Kann warme Finger geben...

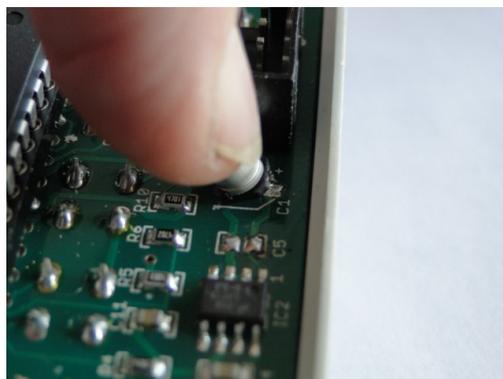


Abbildung 1 Einseitiges Auslöten des Elkos C1 bei einem FREDi 1.7

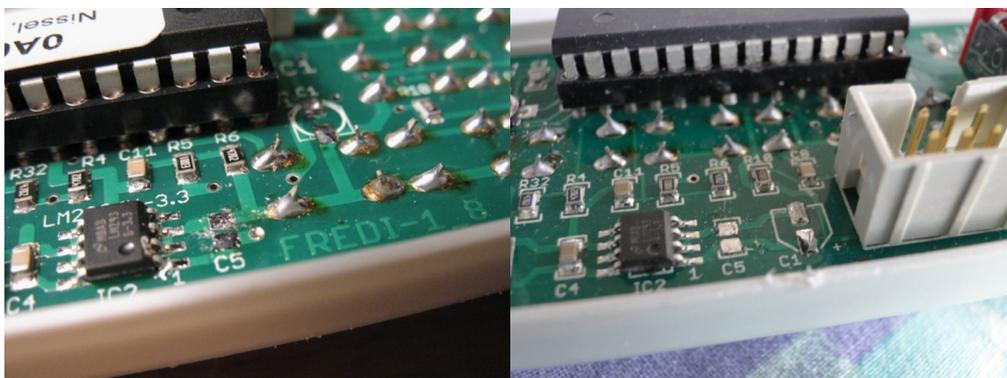


Abbildung 2 FREDi 1.8¹ und 1.7 nach dem Auslöten der Bauteile C1 und C5

1 Zwischen Pin 1 und 2 ist kein Lötzinn, sondern nur ein Reflex durch das Fotografieren.

Springende Fahrstufen Problem beim FREDi

2. Kondensator-Pins und Spannungsregler-Pins vorbereiten
Die Anschlusspins des Kondensators sollten um 90° gebogen werden und so gekürzt werden, dass sie mit dem Gehäuse abschließen. Dabei ist die Polung zu beachten. Als letztes ist ein verzinnen sinnvoll – verkürzt das folgende Anlöten.



Abbildung 3 Elkos mit abgewinkelten und verzinnten Pins

Beim Spannungsregler sind die Pins 2-4 mit einer Zinnbrücke zu verbinden. Bei der Bearbeitung ist verzinnen ein Schritt, abkühlen lassen, und dann die Brücke einlöten. Hier darf zügig gelötet werden mit längeren Pausen dazwischen.

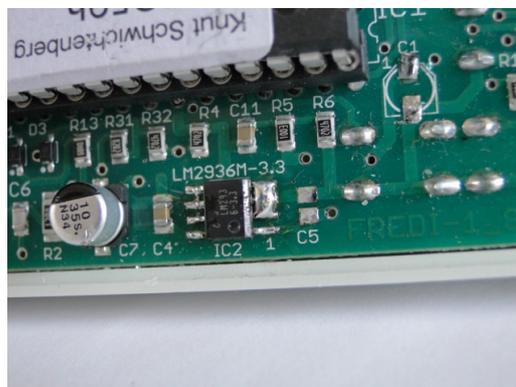


Abbildung 4 Pins 1-4 verzinnt und Lötbrücke zwischen Pin 2-4 (hier FREDi 1.8)

Springende Fahrstufen Problem beim FREDi

3. Kondensator einbauen

Beim Anlöten des Kondensators ist schnelles Löten notwendig, um den Spannungsregler nicht zu sehr aufzuheizen. Bleihaltiges Lötzinn ist dafür sehr sinnvoll, da es eine niedrige Schmelztemperatur hat. Auch eine Pause nach dem Anlöten eines Pins hilft die Temperatur zu begrenzen.

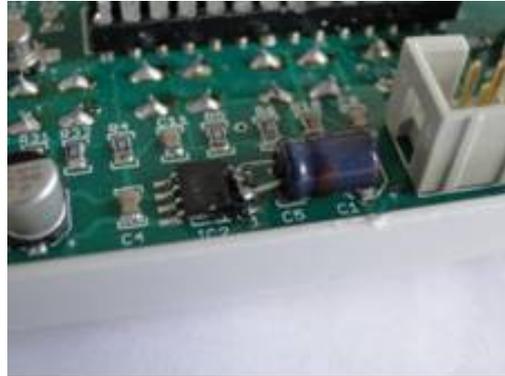


Abbildung 5 FREDi 1.7 mit neuem Elko

4. Testen

Jetzt kann der FREDi mit dem LocoNet verbunden werden. Die zugehörige Lok sollte sich nicht mehr bewegen. Ist das der Fall, sollte der Kondensator auf der Platine befestigt werden. Übliche Befestigungen sind: Sekundenkleber, 2k-Kleber, Silicon. Ungeeignet ist Heißkleber, da der den Kondensator elektrisch beschädigen kann.

5. Kennzeichen

Zur besseren Unterscheidung von umgebauten FREDis von originalen und zur Unterscheidung der Umbauvarianten soll die Bestückungsvariante außen auf dem FREDi sichtbar vermerkt werden. Die Variante „C“ kennzeichnet den Elko-Umbau.



Abbildung 6 Kennzeichen „C“ für FREDi mit Elko-Umbau

Springende Fahrstufen Problem beim FREDi

Wer will kann präventiv FREDis umbauen. Meine FREDis werden nur bei Bedarf umgebaut. Viel Erfolg beim Umbau.

Umbau der Variante „B“

Neben der Lösung mit dem bedrahteten Elko soll hier auch noch eine „keramische Variante“ dargestellt werden. Elektrotechnisch entsprechen sich beide Varianten, erfordern aber unterschiedliches Geschick beim Löten.

Hersteller	Bestellnummer	Bezeichnung	Lieferant	Bestellnummer
MURATA	GRM31CR71A226KE15L	SMD-Vielschichtkondensator G1206 - 22µF 10V	Reichelt	X7R-G1206 22/10
			Farnell	1797016
		SMD-Chip-Widerstand, Bauform 1206, 1,0 Ohm	Reichelt	SMD 1/4W 1,0

Der Aufbau erfolgt vergleichbar.

1. „Platz schaffen“
siehe oben.
2. Einbau des Kondensators auf einem Lötpad von C5

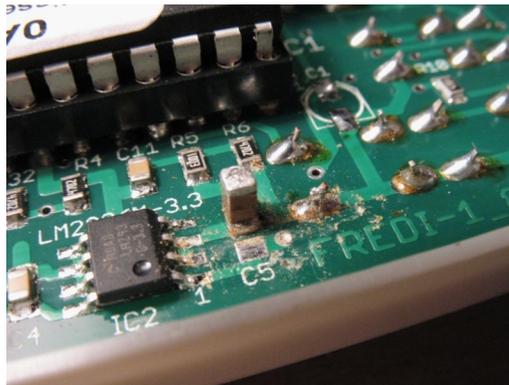


Abbildung 7 FREDi 1.8 mit angelötetem 22µF

Ein X7R High-Cap 22µF / 10V Keramik-Kondensator wird hier stehend auf einem Lötpad aufgelötet. Für den Kondensator und den Widerstand sind gleiche Bauformen zu verwenden.

Springende Fahrstufen Problem beim FREDi

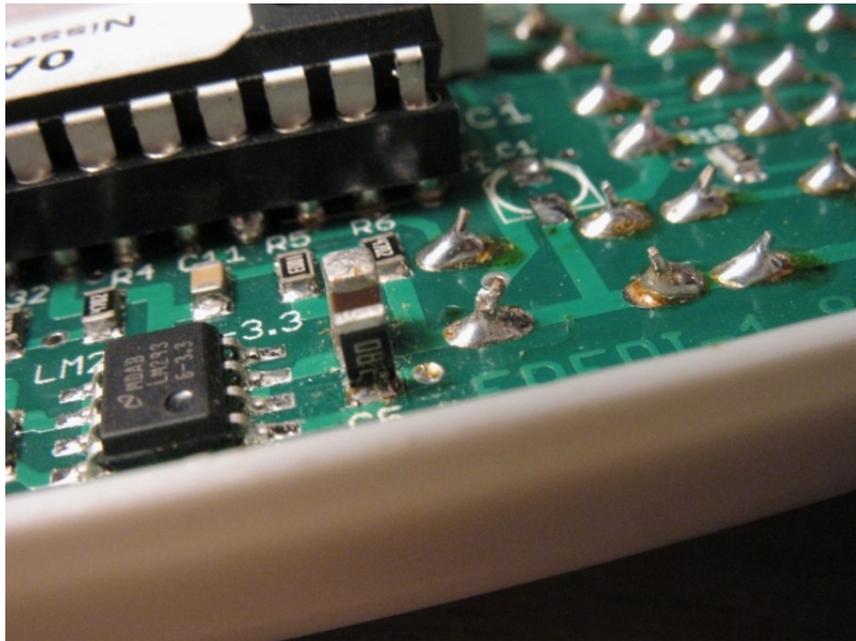


Abbildung 8 Einbau des 1 Ω Widerstand auf dem zweiten Lötpad von C5

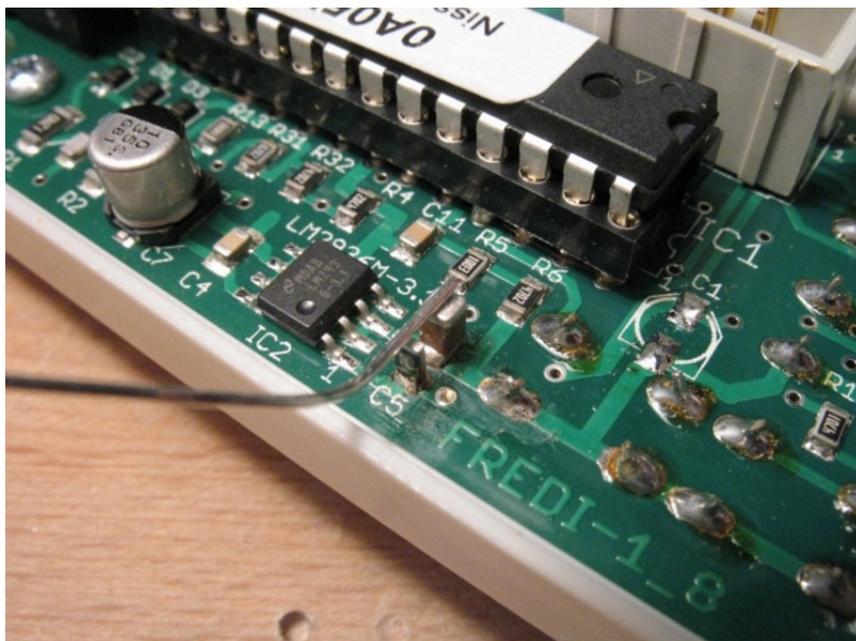


Abbildung 9 Verbinden der beiden Bauteile mit einem Draht

Bevor man diesen Schritt durchführt, sollte man alles abkühlen lassen, damit sich nicht ein Bauteil von selber wieder auslötet.

Alternativ kann man den Kondensator und den Widerstand schräg auflöten, so dass man anstelle eines Drahtes dann beide Bauteile direkt verlöten kann.

Springende Fahrstufen Problem beim FREDi

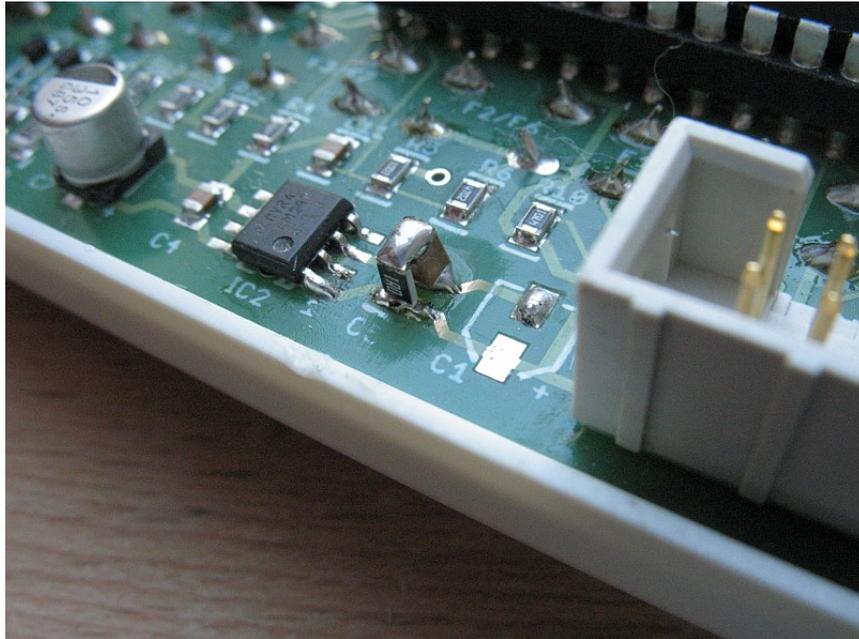


Abbildung 10 FREDi 1.7 bei dem beide Bauteile ohne Draht verbunden sind

3. Testen
ist dasselbe wie oben.
4. Kennzeichen
Mit Buchstaben der Bestückungsvariante kennzeichnen. Hier „B“:



Abbildung 11 Kennzeichen „B“ für FREDi mit keramischen Kondensatoren

Springende Fahrstufen Problem beim FREDi

Technische Hintergründe

Neben dem reinen Umbau ist es für den einen oder anderen wichtig die Hintergründe zu erfahren.

Problem

Von Anwendern wurde gemeldet, dass sich Loks nach dem Einstecken des zugehörigen FREDi ruckartig bewegen, obwohl die Fahrstufe 0 eingestellt ist. Dieses Problem wurde nur bei der analogen Variante (Poti und nicht Drehimpulsgeber) des FREDi beobachtet. Ein solcher FREDi sendet div. Fahrstufen nacheinander über das LocoNet, was man auf einer Zentrale gut nachverfolgen kann.

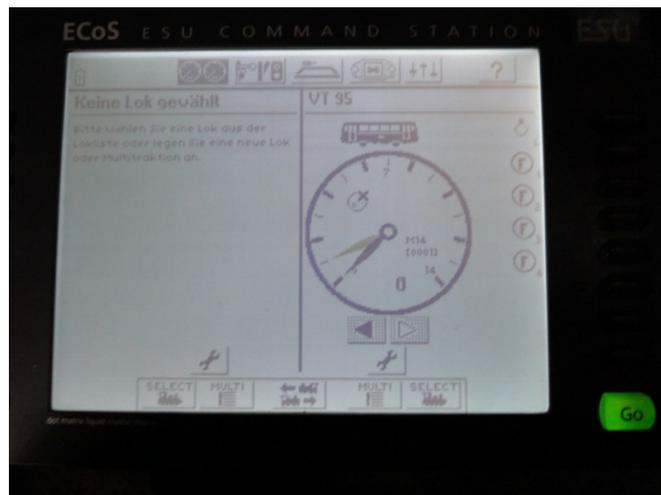


Abbildung 12 Anzeige der springenden Fahrstufen auf einer ECoS

Analyse

Nach dem Anschließen eines Oszilloskops an die beiden äußeren Pins des Potis zeigt sich, dass der 3,3V Versorgungsspannung $\sim 200\text{mV}_{\text{ss}}$ Wechselfspannung überlagert sind. Diese Wechselfspannung wird durch den Spannungsregler erzeugt, der schwingt. Das Datenblatt von Texas Instruments zu diesem Regler sagt folgendes aus:

1. Der Kondensator auf der 3,3V Seite sollte einen Wert von **mindestens** $22\mu\text{F}$ haben. Es gibt keine Begrenzung zu größeren Werten.
2. Sein ESR (Equivalent Series Resistance, der äquivalente Serienwiderstand) soll im Bereich von $300\text{m}\Omega$ bis 8Ω liegen
3. Keramik Kondensatoren können benutzt werden, wenn der ESR angepasst wird (Serienwiderstand).
4. Beim Platinenlayout ist darauf zu achten, dass die Kondensatoren (100nF Input, $22\mu\text{F}$ Output) so dicht wie möglich an den Chip zu platzieren sind und zwar auf der selben Platinenseite wie das IC. Eine Platzierung auf der Platinenrückseite wird nicht empfohlen.
5. Das IC ist auf Kupferflächen zu installieren (Layoutvorschlag).

Betrachtet man diese Vorgaben und vergleicht sie mit den FREDi-Hardware-Versionen 1.6, 1.7 und 1.8 zeigt sich, dass nur einige Vorgaben eingehalten werden.

Springende Fahrstufen Problem beim FREDi

Um die oben beschriebene Lösung zu verifizieren, wurden verschiedene Tests durchgeführt. Hier zeigte sich, dass die defekten FREDi sehr sensibel auf niedrige Temperaturen reagieren und mit einer Abkühlung im Kühlschrank der Effekt der springenden Fahrstufen deutlich verstärkt wird. Daher wurden zur Verifikation der Umbauten die Regler einige Zeit gekühlt. Durch das Abkühlen zeigen einige FREDi auch ein Vorstadium des vollständigen Fehlverhaltens, bei der sich die Versorgungsspannung erst nach einigem Einschwingen beruhigt.

In den folgenden Bildern wird die Versorgungsspannung beim Einstecken des LocoNets dargestellt.

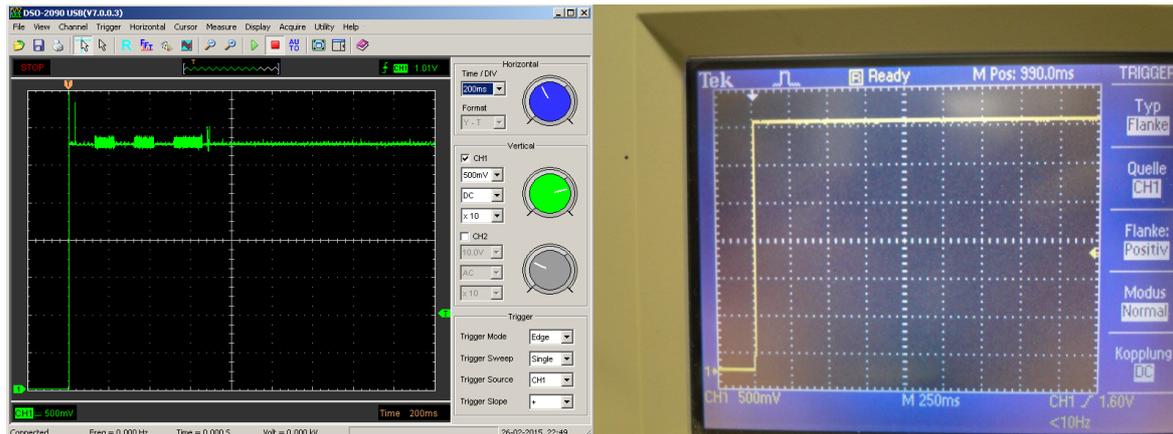


Abbildung 13 3,3V Versorgungsspannung vor dem Umbau und danach

Zeigt ein FREDi bei Einschalten der Versorgungsspannung / Einstecken des LocoNets ein Einschwingen wie auf dem linken Bild, sollte er umgebaut werden. Die Qualität der Versorgungsspannung soll dem rechten Bild entsprechen.

Es ergeben sich jetzt zwei Richtungen, zur Behebung dieses Problems:

1. Lösung für die im Umlauf befindlichen FREDi
2. Lösung für die nächsten FREDi (kommen bestimmt)

Die beiden Punkte werden im Folgenden beschrieben.

Lösung für die im Umlauf befindlichen FREDi

Beim Austausch der 3,3V Kondensatoren wurden div. Alternativen getestet.

1. Bedrahtete Tantal Kondensatoren
Einbau wie bei den bedrahteten Elkos. Tantal Kondensatoren stehen in keinem guten Ruf bzgl. Langzeitstabilität. Aufgrund verbesserter Parameter von Elkos sind sie heute selten im Einsatz. Bei Tantal Kondensatoren sollte auf eine ausreichende Spannungsfestigkeit geachtet werden ($\gg 10V$). Sind getestet, gehen ebenfalls.
2. Bedrahtete Elektrolyt Kondensatoren
Hier wurden zwei Tests durchgeführt und zwar mit $22\mu F$ mit definiertem ESR (Hersteller Panasonic) und $100\mu F$ ohne definierten ESR (Reichelt). Beide gehen! Jedoch zeigten

Springende Fahrstufen Problem beim FREDi

Messungen des Einschaltstroms, dass $22\mu\text{F}$ bevorzugt werden sollten. Beim $100\mu\text{F}$ wurde der ESR gemessen und zeigte Werte im zugelassenen Bereich.

3. SMD Keramik Kondensator mit SMD Serienwiderstand
Durch verwenden von Keramik Kondensatoren X7R High-Cap $22\mu\text{F} / 10\text{V}$ und einem 1Ω Widerstand kann man denselben Effekt erreichen. Bei Messungen wurden weitere hochfrequente Schwingungen ebenfalls mit ausgesiebt, wobei das Messequipment nur begrenzt für diese Aufgabe geeignet war.

Welchen Aufbau man bevorzugt ist reine Geschmackssache bzw. hängt von den eigenen Lötfähigkeiten ab.

Rückwirkungen des Umbaus

Beim FREDi 1.8 könnte man den $22\mu\text{F}$ SMD-Elko eingebaut lassen. Leider erhöht sich dadurch der Inrush Strom den die entladenen Kondensatoren verursachen. Die dargestellte Schaltung wurde für Inrush-Messungen verwendet:

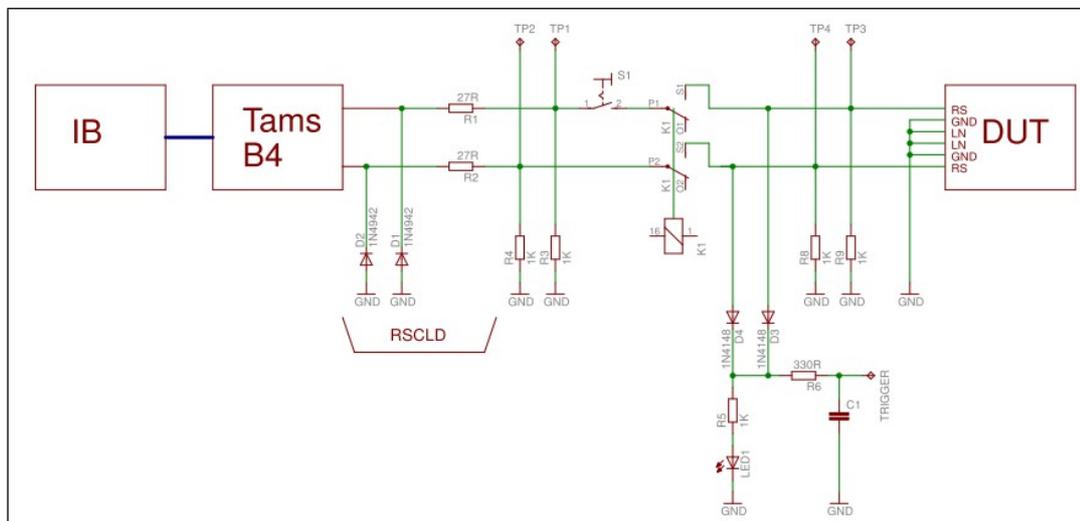


Abbildung 14 Messschaltung für Inrush Messungen

Als Ergebnis wird hier die Messung an FREDi 1.7 dargestellt mit einem $22\mu\text{F}$ Kondensator.

Springende Fahrstufen Problem beim FREDi

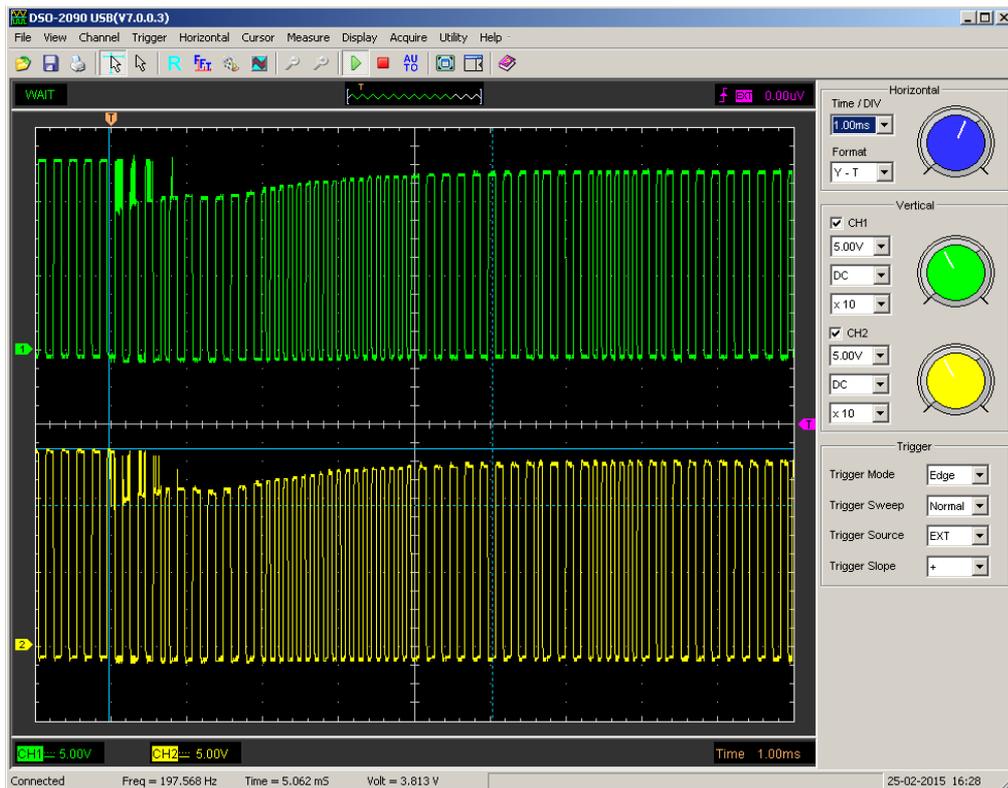


Abbildung 15 Messung des RailSync-Spannungsverlaufs an TP 1 / 2 mit 22 μ F Kondensator

Nach dem Einschalten des Relais bricht die RailSync-Spannung ~ 4 V zusammen. Berechnet man den Strom gegeben durch die RailSync-Spannung und die Widerstände im Stromkreis ergibt sich ein Strom von ca. 150mA als Inrush-Strom. Nach ~ 5 ms ist die endgültige RailSync-Spannung wieder erreicht.

Bei Verwendung eines 100 μ F ergibt sich folgende Messung:

Springende Fahrstufen Problem beim FREDi

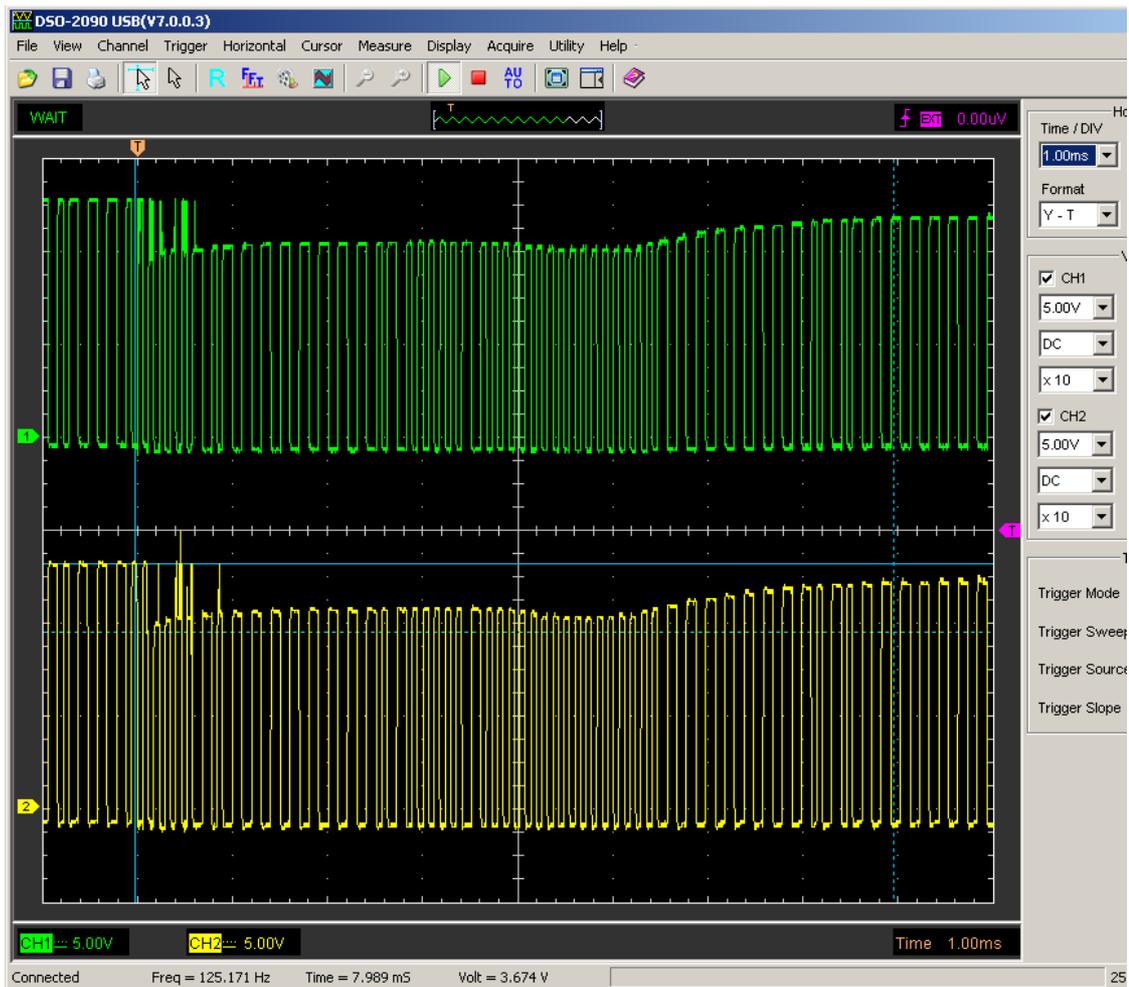


Abbildung 16 Messung des RailSync-Spannungsverlaufs an TP 1 / 2 mit 100 μ F Kondensator

Nach dem Einschalten des Relais bricht die RailSync-Spannung ~ 4 V zusammen. Nach ~ 8 ms ist die endgültige RailSync-Spannung wieder erreicht.

Daraus folgt:

Steckt man gleichzeitig bzw. während der Ladezeit des Kondensators mehre FREDiS am selben RailSync-Bereich ein, können einzelne Pakete von ebenfalls angeschlossenen Boostern nicht mehr erkannt werden. Je größer die die Output-Kapazität ist, je länger das RailSync-Kabel ist und je mehr andere Verbraucher (Booster, FREDiS,...) an demselben RailSync-Kabel angeschlossen sind, desto eher kann es zu Paketverlust(en) kommen.

Um hier praxisbezogene Aussagen zu erhalten sind weitere Messungen an realen Arrangements notwendig.

Springende Fahrstufen Problem beim FREDi

Lösung für die nächsten FREDis (kommen bestimmt)

Die hier vorgestellte Lösung stellt eine Problembehebung dar, ist aber für die weitere Serienfertigung nicht geeignet!

Folgende Aktivitäten sind nach heutigem Wissen für die nächste FREDi Generation notwendig:

1. Überlegungen zur Inrush-Strombegrenzung (ggf. Schaltungsänderungen)
2. Messung des Inrush-Stroms an realen Arrangements
3. Anpassung des Platinenlayouts an die Anforderungen der Spannungsversorgung (Änderung der Bauteilplatzierung, Wertanpassung, Kupferflächen,...)
4. Änderung des Analogteils, so dass die Vorgaben des Prozessorherstellers Atmel und andere „Best-Practice“ berücksichtigt werden
5. Änderung des Längsreglers in einen Schaltregler mit Softstart zur Reduktion des Inrush und der gesamten Stromaufnahme

Dabei soll das Gehäuse, d.h. die Positionierung der Bedienelemente nicht verändert werden.

Wenn man schon mal dabei ist, kann man auch gleich Vorbereitungen für den MU²/Consist (Card-FREDi,...) treffen.

2 MU = Multiunit = Mehrfachtraktion: Ein Handregler steuert unter einer kurzen DCC-Adresse zwei, drei, vier, fünf, ... Triebfahrzeuge. Diese kurze Adresse wird dazu in CV19 des Dekoders abgelegt.

