

DSR White Paper

Document Summary

Dieses Dokument beschreibt Anwendungsszenarien für das DSR in der Modellbahnwelt. Es erklärt Ursachen verschiedener Probleme und befasst sich mit den technischen Backgrounds. Das Dokument behandelt abwechselnd die Themen in Deutsch und Englisch.

This document gives application notes for the DSR. It explains the root of various problems and explains the technical background. The text is presented in German and English. English text starts at chapter 4.



Überblick

Modellbahnen werden seit etwa 30 Jahren mit Gleisformaten betrieben. Seit den 1990er Jahren haben sich einige Protokolle etabliert wie (SX) Selektrix, Märklin/Motorola (MM) und DCC. Das DSR Modul kann mit allen diesen Protokollen verwendet werden.

Die Booster, die Versorgungseinrichtungen der Digitalen Modellbahn, liefern oft zu hohe Ausgangsspannungen oder extrem verschliffene Signale mit Überschwüngen und anderen Signalstörungen. Das behindert den Betrieb, führt zu Fehlfunktion und kann Decoder und andere Komponenten in den Fahrzeug zerstören.

Problemfälle

Primäres Problem vieler einfacher Schaltungen in den Boostern ist das völlige Ignorieren von sicheren Schaltkonzepten wie die Stabilisierung von Versorgungsspannungen. Aus diesen Gründen kommt es zu falschen Signalformen.

Spannungsbegrenzung

Der DSR begrenzt die Ausgangsspannung auf einen einstellbaren Wert. Damit wird ein Hauptproblem der einfachen Zentralen, das Hochlaufen der Gleisspannung bei geringer Belastung, sicher verhindert. Sinkt die Eingangsspannung zu sehr ab, leitet das Gerät die Spannung einfach unverändert durch. Der geregelte spannungsbegrenzende Betrieb wird durch die grüne LED angezeigt.

Beseitigung von Spitzen und Überschwüngen

Je nach verwendetem Schaltungskonzept der Stromversorgung im Booster und eventuellen langen Zuleitungen kann es im Signal zu deutlichen Überschwüngen kommen. Diese überlagern die ohnehin zu hohe Spannung. Decoder sollten diese Spitzen absaugen, werden aber auf Dauer damit überfordert und können beschädigt werden. Das DSR schneidet diese Spitzen weg und behebt das Problem damit.

Beseitigung von Spannungsunsymmetrien

Das DSR beschneidet beide Seiten des Digitalsignals (positive und negative Halbwelle) separat. Damit werden Unsymmetrien im Signal beseitigt. Das erlaubt den Einsatz von Bremsbausteinen nach Umelec (asymmetrisches DCC mit 4/1 Dioden) auch bei Zentralen wie der Intellibox, die standardmäßig ein unsymmetrisches Digitalsignal liefert.

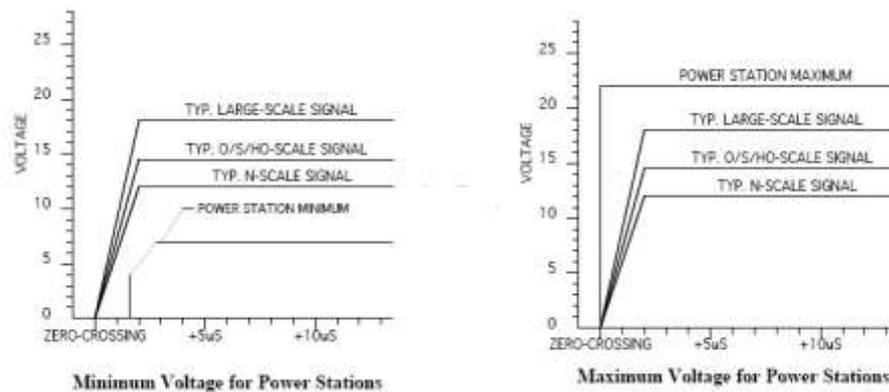
Normvorgaben am Beispiel NMRA - MOROP ähnlich

Zur Vermeidung von Schäden an Modellen und als Schutz vor gesundheitlichen Schäden wurden von verschiedenen Gremien Spannungen für Spielzeug festgelegt.

Die NMRA hat für die verschiedenen Baugrößen Gleisspannungen definiert, deren Werte von keiner Zentrale überschritten werden sollten. Neben den Decodern sollen vor allem die weiteren Einrichtungen wie Motore und Lämpchen sowie eventuell andere elektronische Einrichtungen geschützt werden. In der [R.P. S 9.1](#) sind von der NMRA festgelegten Spannungen dokumentiert. Bisweilen haben sich jedoch abweichende Spannungen eingebürgert.

Maßstab / scale	V_{min}	V_{max}
Z	9	10
N	11	13
TT	12	14
H0	13	15
O	14	16
I	16	18
II	18	19-20

Die obige Tabelle zeigt die von der NMRA empfohlenen Spannungen.



Die NMRA hat Spannungsbereiche vorgesehen, die keine Zentrale überschreiten sollte. Die Decoder sollten 22V bei kleinen Baugrößen und 27V bei großen Baugrößen standhalten. In diesen Werten ist ein Sicherheitspolster eingebaut, der nicht ausgenutzt werden sollte!

Ähnlich wie bei den Zentralen die zulässige Spannungen überschritten können, gibt es bei den Decodern „Ausreißer“ bei der tatsächlichen Spannungsfestigkeit. Bekannt sind die Sounddecoder von cT Elektronik, die bei Gleisspannungen über 18V Wärme-probleme bekommen.

Spannungswerte

Die nachfolgenden Beispiele behandeln exemplarisch das DCC Gleisformat. Hier sei nochmals erwähnt daß das DSR selbstverständlich auch mit den anderen Gleisformaten MM, SX umgehen kann.

Beispielhafte Meßwerte

Wie bereits ausgeführt neigen einige Zentralen dazu zu hohe Spannungen abzugeben. Quellen im Internet und eigene Messungen belegen diese Aussage:

Roco Booster bei Roco Maus 2/3 sowie Multimaus	22-24V
Uhlenbrok Intellibox.....	23V
LGB MZS II.....	35V
Massoth Digimax (1. Version)	38V
Hornby Select.....	~40V

Die Messungen erfolgten bei normaler Netzspannung von 230V im wenig bis unbelastetem Zustand. Es wurden die vom Hersteller mitgelieferten Trafos verwendet. Bei den Messungen wurden beim Einschalten der Trafos bei manchen Zentralen zusätzliche Spannungsspitzen entdeckt, die teilweise zwei bis drei Mal über den anschließend gemessenen Leerlaufspannungen lagen.

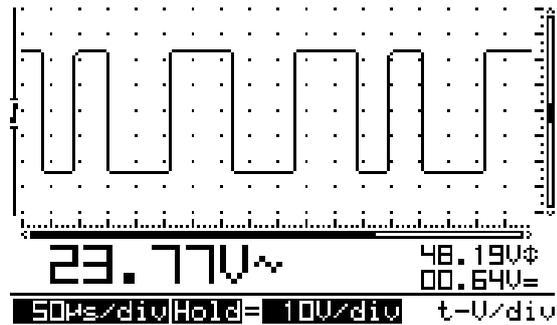
Die Intellibox hat einen Betriebsmodus für die Baugröße N; hier wird die Spannung lediglich auf etwa 18V begrenzt: also wesentlich über der für die Spur N empfohlenen Spannung von ungefähr 12V. Zusätzlich ist die Ausgangsspannung bei der Intellibox immer unsymmetrisch.

Massoth hat die Digimax etwa zum Zeitpunkt des Erscheinens der Funklösung überarbeitet und begrenzt die Spannung jetzt bei 26V. Zentralen in der älteren Bauform können im Werk nachgebessert werden. Auch dann liegt die Gleisspannung noch immer über den zulässigen 22V.

Über das Hornby Gerät ist ein interessanter Artikel im Eisenbahn Journal 2/2008 erschienen, auf den ich unbedingt hinweisen möchte. Hier wird von 40V Dauerspitzen und etwa 30V DCC Spannung berichtet.

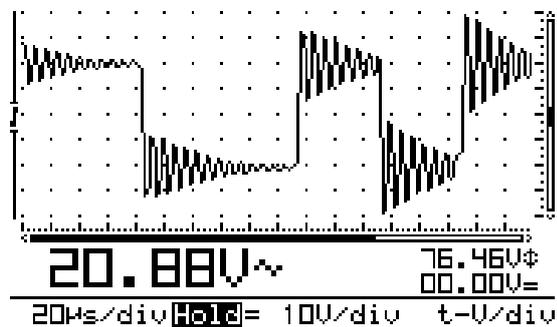
Signalformen

Das nachfolgende Bild zeigt ein DCC Signal, abgegeben von einem ZIMO MX1 mit normwidrig sehr hoher Einstellung des Gleissignals. Unten im Bildschirmausdruck wird die exakte Spannung als 23,77V angegeben. Das Signal ist sauber und hat faktisch keine Beeinträchtigungen wie Überschwinger oder Verrundungen. Deutlich kann man die Signalfolge von kurzen „1“-Bits und den längeren „0“-Bits erkennen.



Sauberes DCC Signal

Bei schlechter Versorgungsschaltung des Boosters oder langen Zuleitungen können Überschwinger auftreten. Das kann das Signal bis zur Unkenntlichkeit verzerren. Das nächste Bild zeigt so eine typische Situation.



Verzerrtes, beschädigtes DCC Signal

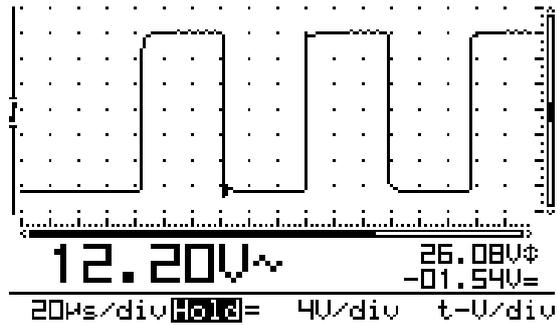
Der Spannungsmittelwert liegt nach wie vor etwa im legalen Bereich, von 20V jedoch gibt es Überschwinger bis zur doppelten Spannung. Durch eine 50m Leitung, die zwischen Booster und Meßpunkt eingeschleift wurde, wurde das im obigen Bild gezeigte Signal zur Veranschaulichung der Situation künstlich verschlechtert.

Eine solche Signalform tritt sehr häufig bei mangelhaften Boostern und übermäßig langen Zuleitungen auf. Der Decoder wird hier mehrfach beansprucht: Die Überspannungen müssen abgeleitet werden, dadurch wird die üblicherweise verbaute Zenerdiode sehr heiß und kann abbrennen. Dieses Durchbrennen ist meistens so angelegt, daß zum Schutz der üblichen Elektronik ein Kurzschluß erzeugt. Das kann zu einer Beschädigung der Decodergleichrichter führen; immerhin ist der Decoder dann noch mit geringem Aufwand reparierbar.

Ein weiteres Problem des gestörten Signals ist die zuverlässige Erkennung der Digitalinformation. Einfache Decoderschaltungen werden hier ihre Schwierigkeiten haben. Der Modellbahner bemerkt das, indem der Decoder schlecht zu steuern ist und Befehle mit großen Verzögerungen (weil der Decoder erst nach einer mehrfachen Wiederholung das Signal erkennen konnte) ausgeführt werden.

Nachgeschaltete Verbraucher wie Lämpchen, Geräuschelektronik und Ähnliches werden ebenfalls mit den hohen Spannungsspitzen belastet. Im Motor des Fahrzeugs verursachen diese Spannungsspitzen Gegeninduktion. Das kann im ungünstigen Fall zu zusätzlichen Störungen führen.

Schleift man das DSR in einen solchen gestörten Stromkreis hinein, dann sieht das Digitalsignal folgendermaßen aus:

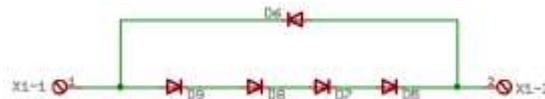


geregeltes DCC Signal

Die Spannung wurde auf 12V abgeregelt. Kleine Überschwinger sind noch zu sehen, die sich durch den Regler „durchgeschummelt“ haben. Kein Vergleich zu dem zuvor abgebildeten Eingangssignal!

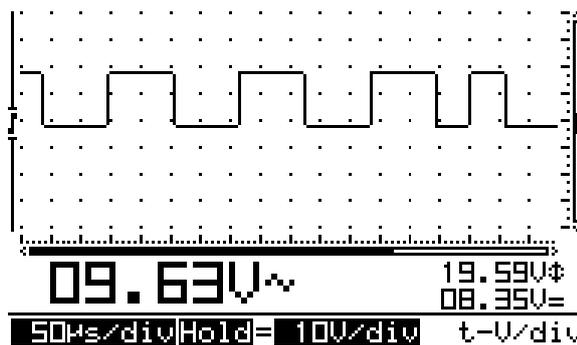
Asymmetrische Boosterausgänge

Manche Boosterschaltungen erzeugen ein Digitalsignal mit einem überlagerten Gleichspannungsanteil. Für klassische Digitalanwendungen ist das ohne größere Auswirkungen. Die Bremsmethode nach Umelec (auch unter Lenz ABC bekannt) stört das aber erheblich. Bei dieser Bremsmethode werden die positive und negative Seite des DCC Signals absichtlich unterschiedlich gemacht. Klassische Schaltung sind 4 Dioden.



Bremschaltung

Der Decoder kann diese Unsymmetrie erkennen und als Geschwindigkeitslimit interpretieren, üblicherweise Halt. Überbrückt man die Schaltung mit einem Schalter ist diese Modifikation aufgehoben. Eine sehr einfache Methode zur adressen unabhängigen Beeinflussung von Fahrzeugen.



unsymmetrisches DCC Signal

Wenn das Gleissignal bereits durch den Booster unsymmetrisch ist, bekanntestes Produkt die Intellibox, kann man diese Bremsmethode nicht mehr einsetzen. Das DSR kann diesen „Fehler“ im Gleissignal korrigieren. So können auch Anwender solcher Zentralen und Booster die Bremsmethode benutzen.

Einsatz am Programmiergleis

Da nur die Spannung begrenzt wird, der Strom aber nicht verändert wird, kann der DSR auch für ein Programmiergleis vorgeschaltet werden

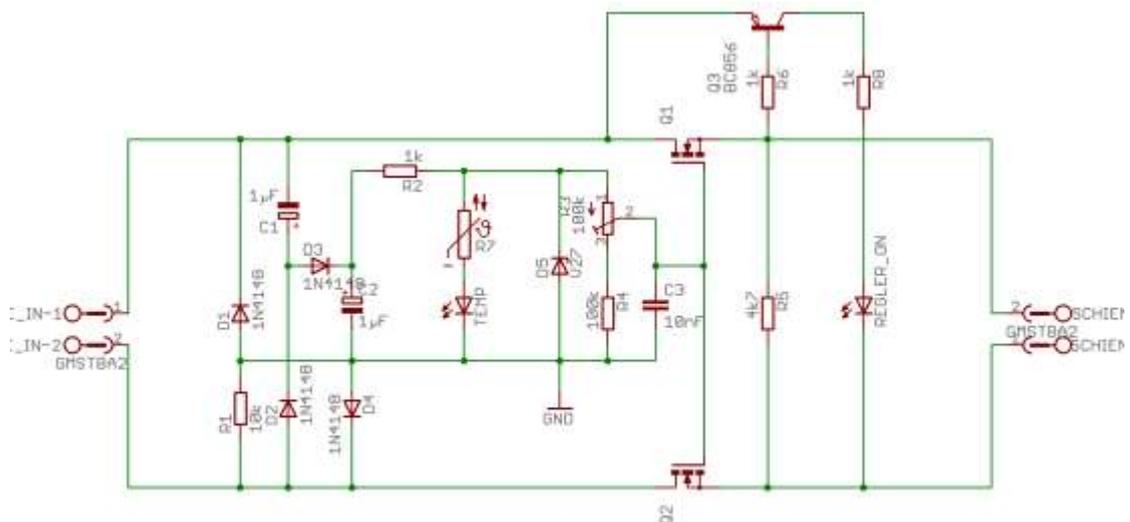
Leistungsgrenzen / Kühlung

Der DSR kann mit bis zu 25A Strom belastet werden. Die Bauteile können sogar noch etwas höheren Strom verkraften. Begrenzender Faktor ist die Wärmeabfuhr von den Transistoren. Dabei ist nicht der Strom allein, sondern die dabei abzusenkende Spannung - also das Produkt aus Strom * Differenzspannung (daraus resultiert die abzuführende Wärme) - entscheidend.

Da bei vielen Zentralen jedoch bei höherem Stromverbrauch die Spannung deutlich absinkt, entspannt sich die Situation für den DSR oft deutlich. Wenn das DSR nur 3-5V absenken soll und bei hoher Belastung die Stromquelle eine Spannungsreduktion hat, bleibt die Erwärmung des DSR durchaus niedrig. Eine hohe Kühlkörpertemperatur wird dem Anwender durch eine rote LED angezeigt. Bei weiterer Erhöhung der Temperatur wird die Ausgangsspannung reduziert um den Strom durch das Gerät abzusenken.

Schaltung

Das Prinzip der Schaltung beruht darauf, 2 MOS FETs zur Begrenzung der Spannung am Ausgang einzusetzen. Es arbeitet jeweils nur ein Transistor in der Richtung vom Eingang zum Ausgang. Der andere Transistor wird durch eine interne Freilaufdiode umgangen.



Die Transistoren werden über einen Spannungsteiler R3/R4 angesteuert. Durch R4 wird die kleinste Spannung auf etwa 12V festgelegt. Das Gate der FETs muß 2V über dem Source Pin liegen, das entspricht dem Bauteilprintip dieser Power MOS Fets. Über die Baugruppe D1 bis D4 und C1/2 die eine Ladungspumpe bilden wird eine Hilfsspannung etwa der Doppelten Eingangsspannung erzeugt. D5 stabilisiert das auf 27V. Damit hat man eine von der Eingangsspannung unabhängige Referenzspannung für die Ansteuerung der MOS FETs.

R7 ermöglicht eine Temperaturwarnung und senkt die Referenzspannung somit auch die Ausgangsspannung bei zu hoher Temperatur ab.

Die Baugruppe um den pnp Transistor steuert die grüne LED an. Sinkt die Spannung hinter Q1 ab, weil die Schaltung im Regelungsbereich arbeitet, wird die LED angesteuert. R5 sorgt für eine minimale Blindlast bei ungeschaltetem Ausgang.

Overview

Model railroad layouts are operated via digital command control since about 30 years. Several protocols have been developed. First of all there is DCC which is most widely used. For some time especially in Europe Märklin Motorola (MM) and Selektrix (SX) are also used. The DSR can handle all protocols as it does not care about the data in the signal.

The boosters of the supply infrastructure often deliver too high voltage, extremely damaged signal forms with spikes and other problems. This frequently causes problems in operation or might destroy components.

Problem cases

Usually the cause of problems are too optimistic circuit designs. Frequently basic physics is ignored, stabilization of power supply was saved out of cost considerations. This leads to illegal track signals.

Voltage Limitation

The DSR limits the output voltage at an adjustable value. This fixes the mayor design problem of most central units or their boosters. They often generate high output voltage on no or low load situations.

Removal of Spikes and overshoots

Depending on the circuit design of the booster and the length of installed cables the track voltage might have spikes and more often overshoots. Decoders should be able to kill the overrun but frequently the protection capacity is not sufficient. The DSR eliminates that problem.

Removal on asymmetric disturbances

The DSR limits the voltage to a symmetric signal, even if the input signal is asymmetric. This allows to use the asymmetric break technology of Umelec again. Lenz is using that in ABC as well. The most well known problematic product in this issue is the Intellibox. With the DSR in use the I-Box might be used for the "diode trick" as well.

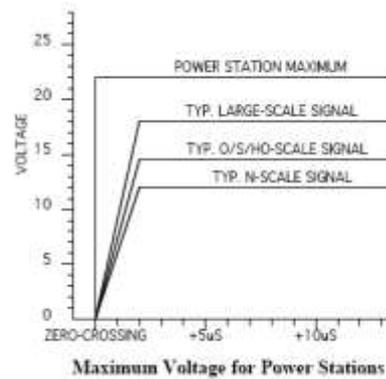
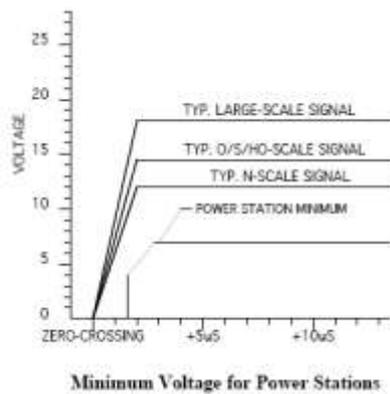
Norm definitions by NMRA or MOROP

To avoid problems on several loads on a layout the NMRA, MOROP follows on these decisions quite exactly, defined voltage ranges to be used by the vendors. The voltage

level is different for each scale. Apart of the motors all other loads like lamps should be protected by these definitions. In [R.P. S 9.1](#) of the NMEA these limits are described. Some minor usually +/- 0,5 to 1V are well established.

scale	V_{min}	V_{max}
Z	9	10
N	11	13
TT	12	14
H0	13	15
0	14	16
I	16	18
II	18	19-20

The table above shows the NMRA recommendation.



The 2 pictures above are cut out of the NMRA document. They show the defined voltage ranges as well. No power supply should exceed those values.

Decoders should be designed to allow 22V for small scales and 27V for large scales. Those are the maximum voltages, so operating values should be much lower to have some protective space.

Similar on the booster side, the voltages should be set below the maximum values to have space for tolerances and outside sources, like spikes from the mains, as well.

Voltage Values

This chapter discusses real world measured values of DCC equipment. The situation is quite the same for other brands and products. The DSR does not care on the data format it handles MM and SX as well.

Examples of measured voltages

As explained before some equipment shows extremely problematic signals. The table below shows values I collected on the internet and measured myself.

Roco Booster from Roco Mouse 2/3 as well as Multimouse.....	22-24V
Uhlenbrok Intellibox.....	23V
LGB MZS II.....	35V
Massoth Digimax (1 st Version)	38V
Hornby Select.....	~40V

The measured result was done with original equipment without any modifications. The original transformers where used. Some devices generate an extremely high power on spike which might be 2-3 times higher than the normal voltages.

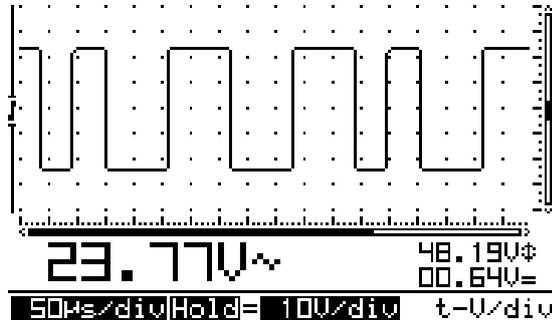
The Intellibox has a N scale mode. In this mode the voltage is limited to about dangerous 18V, much over the defined 12V for N scale. Additionally I want to note that the signal is unsymmetrical on the Intellibox and it's derivates.

Massoth has overhauled the Digimax about the time they announced the wireless cab. Updates for existing boxes are available. The modified version limits the output at 26V, even then it is above the recommendation of 22V

There is a quite alarming article at „Eisenbahn Journal 2/2008“. Scope readings show an extremely noisy signal with strong spikes at 40V.

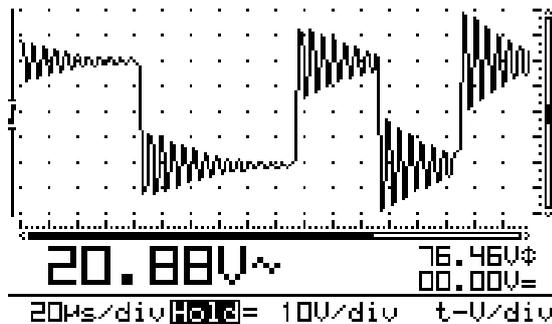
Signal forms

The next picture shows a typical DCC signal generated by a MX1. The adjustable voltage was set over the limits. The picture shows a clear nice signal form. Short 1 and long 0 bits are easy to spot. There are no disturbances in the waveform.



Clean DCC Signal

A lousy power supply or long cables might cause damages on the signal. The next picture shows the situation after a 50m long cable.



Damaged DCC Signal

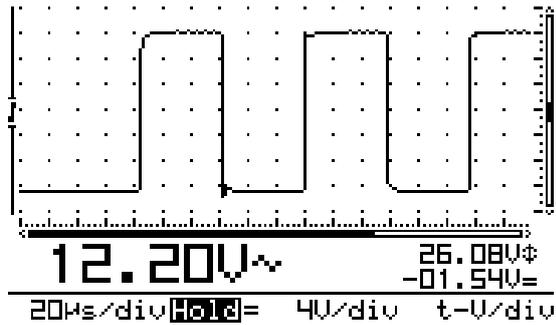
The average voltage is now 20.88V but spikes go up to 76V!!! That situation was artificially made to show what simple things like a cable can do.

A signal form like the above one happens quite often on lousy designed equipment. Decoders need to cut the over voltages and might get destroyed by that. The zener diodes usually get warm and burn to a shortcut which kills the rectifier diodes. Easy to fix issue but a nasty fault.

A noisy signal might cause wrong data detection as well. The model railroader seed a poor decoder response to commands.

Load behind the decoder is usually powered with rectified track voltage. Also here high voltage will cause damages here. Especially motors are worn out quite quickly, bulbs burn too bright and might melt cases. Of course the lifetime is reduced here as well. Back EMF might cause damages on electronics as they build up on the base voltage. In other words usually spikes are multiplied track voltage, if the base is high the spikes get more dangerous.

An DSR in such an ugly damaged track signal can clean the signal quite nice. Have a look on the following picture.



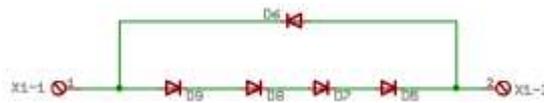
corrected DCC Signal

Track voltage is now limited to about 12V the over shoots are gone only extremely small rest is left at the beginning of the period. The input voltage was the extremely damaged signal shown before.

Asymmetric Booster

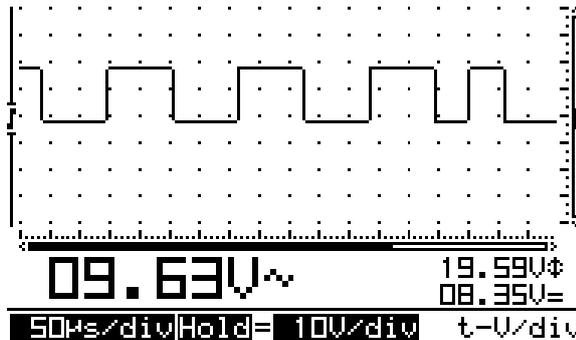
Some boosters generate asymmetric signal. The DSR fixes that issue. This allows to use the Umelec break method which Lenz calls ABC.

To show the situation DCC was made unsymmetrical with the following circuit:



Bremschaltung

Some good decoders can detect that situation and cause a break. If the signal is already asymmetric that trick cannot work of course



Unsymmetrical DCC Signal

The DSR can fix this “damaged” signal and generate a symmetrical DCC again.

DSR on programming track

The DSR does not change data or current. This allows using the DSR also on programming track.

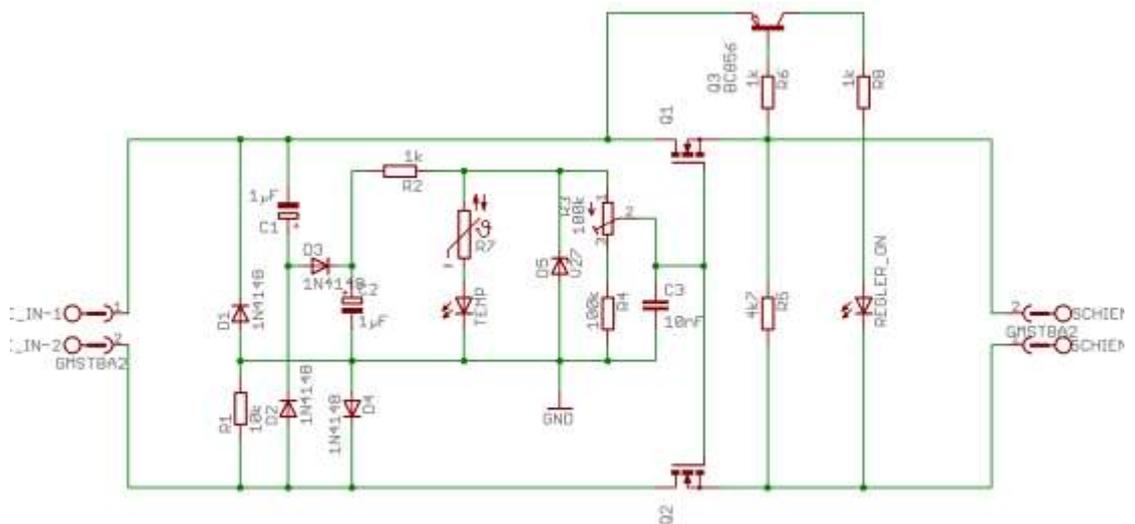
Power Limitation and Cooling

The DSR can handle up to 25A of track current. The components are specified for even more. Limiting factor of the device is the ability to get rid of the generated heat. Usually only a few volts need to get removed. This allows even high currents.

As many commercial products have soft transformers the DSR is in a good situation. At low current the transformer delivers high voltage. The DSR limits the voltage, due to the low current the generated heat is moderate. At higher current the transformer breaks down, lowers voltage, so the DSR has again less heat to generate. There is a red LED which indicates hot heat sink. If the device gets extremely hot output voltage is lowered dramatically to limit the current.

Circuit

The circuit is based on two MOS FETs which limit the voltage. For each half period only one transistor is engaged the other one has a internal diode which allows free current flow.



The transistors are powered via a R3/4. It sets the gate voltage. The lowest voltage is about 12V. The gate of the FET requires about 2V over source to open the FET. D1 to D4 and C1 C2 build a load pump to generate a reference voltage above the input voltage. Via R2 and D5 it is stabilized at 27V.

R7 is a NTC which opens at higher temperatures. This will light up the TEMP LED to warn the user. If the temperature increases more R7 pulls down the voltage which cuts down the output voltage as well. The heat sink may cool down.

The npn transistor drives the green LED. Is the voltage behind the transistor lower than the emitter the transistor opens and the LED will be on. This indicates a working regulator. If input voltage is not high enough the FETs will allow to pass through but regulation is turned off. R5 is a protection to have at least some mA load, if nothing is connected.