

Elektronische Absicherung von vier Stromkreisen



Die Bedien- und Anzeigeelemente der AutoFuse Deluxe, die beim Prototyp in einem eigenen Gehäuse untergebracht wurden.

SICHERHEIT DELUXE

In der Digitalen Modellbahn 1/2013 wurde im Rahmen des Schaltungswettbewerbs eine elektronische Sicherung zur Begrenzung des Maximalstroms in einem Gleisabschnitt vorgestellt. Auf der Basis dieser Schaltung folgt nun die Deluxe-Version zur komfortablen Verteilung der Booster-Leistung auf vier Stromkreise – mit Stromanzeige und Fernbedienbarkeit über die Zentrale.

Die Idee bei der Entwicklung der elektronischen Sicherung AutoFuse, wie sie in der Dimo 1/2013 vorgestellt wurde, war, den Ausgangsstrom des Boosters auf mehrere, einzeln abgesicherte Gleisabschnitte zu verteilen. Damit lässt sich der Strom im Fehlerfall in jedem Teil der Anlage auf einen unproblematischen Wert begrenzen. Ohne eine solche Einzelabsicherung könnte an einer Unfallstelle bei Verwendung eines leistungsfähigen Boosters ein sehr (zu) hoher Strom fließen und entsprechende Schäden anrichten.

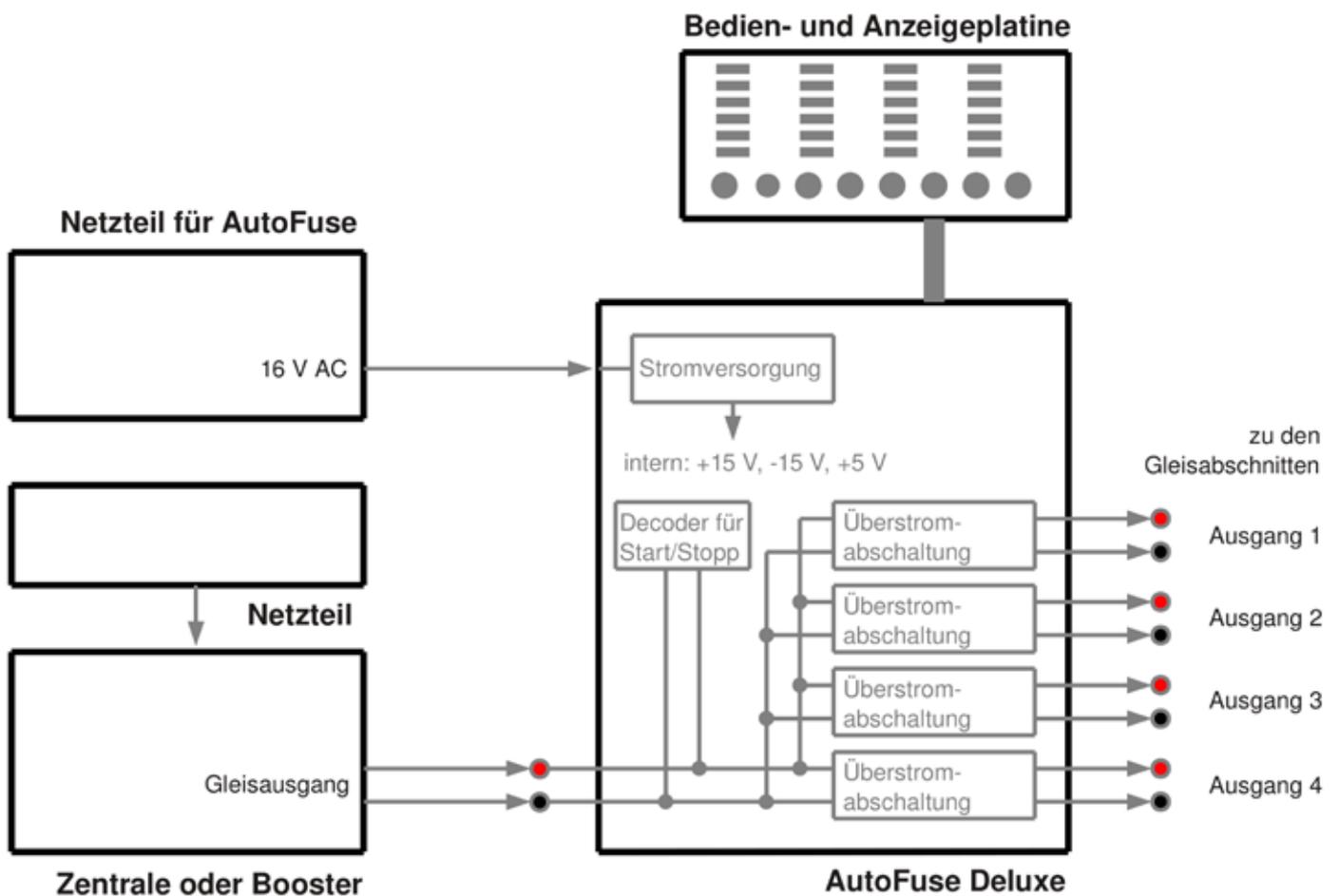
Für eine Stromaufteilung und Einzelabsicherung benötigt man die Sicherungsschaltung AutoFuse einmal für

jeden Gleisabschnitt. Als sinnvoll hat sich die Aufteilung eines Booster-Ausgangs auf vier Gleisabschnitte erwiesen. Bei einem kräftigen 10-A-Booster kann so jeder Abschnitt auf einen Maximalstrom von 2 bis 3 A begrenzt werden. Dies ist ein guter Kompromiss zwischen Sicherheit, Aufwand und Komfort. Diese Konfiguration hat sich im Zusammenspiel mit dem Selbstbau-Boosters EDiTS bei vielen Mitgliedern des MIST7 (Märklin Insider Stammtisch in Stuttgart) bewährt – in diesem Rahmen ist das hier vorgestellte Projekt auch entstanden. Der EDiTS-Booster ist übrigens schon eine betagte, aber sehr robuste Konstruktion. Er liefert 10 A bei

einer geregelten Ausgangsspannung und wurde bereits 1989 in der Elektronikzeitschrift *Elektor* veröffentlicht. Der Booster ist kurzschlussfest und schaltet den Ausgang beim Überschreiten der 10-A-Marke ab bzw. begrenzt den Ausgangsstrom auf diesen Wert. Das bedeutet, dass im Fehlerfall Ströme bis zu 10 A fließen können. Diese Problematik gilt in ähnlicher Weise auch für die Booster anderer Hersteller.

AUTOFUSE DELUXE

Die hier vorgestellte, AutoFuse Deluxe genannte Schaltung umfasst vier AutoFuse-Sicherungsschaltungen für



Das Blockschaltbild zeigt die grundlegenden Funktionsblöcke und das einfache Anschlussschema der AutoFuse Deluxe.

vier Booster-Abschnitte und eine gemeinsame Stromversorgung (Abb. 1). Außerdem wurden einige Komfort-Funktionen hinzugefügt:

Alle Ausgänge können gemeinsam ein- und ausgeschaltet werden.

Das Ein-/Ausschalten kann über einen integrierten Weichendekoder von der Zentrale aus ferngesteuert werden.

Jeder Gleisabschnitt kann alternativ einzeln eingeschaltet werden. Dies hilft bei der Lokalisierung von Problemen.

Die Auslösecharakteristik (Maximalstrom und Auslöseverzögerung) kann über Drehpotis für jeden Kanal getrennt eingestellt werden.

Für jeden Gleisabschnitt wird der aktuelle Stromverbrauch angezeigt.

Die Stromanzeige ist eigentlich ein Abfallprodukt, aber ein nettes und nützliches. Die Sicherungsschaltung misst sowieso den Strom. Außerdem war noch ein Operationsverstärker frei, so dass damit eine zum Strom proportionale Spannung erzeugt werden kann. Diese wird auf einer Balkenanzeige visualisiert (Abb. 2). Ein Balken entspricht einem Strom von ungefähr 0,25 A. Die Anzeige ist nicht sehr genau, zeigt aber gut die ungefähre Auslastung

des Gleisabschnitts. Der Ungenauigkeit ist allerdings geschuldet, dass manchmal schon bei unbelegtem Gleis der erste Balken aufleuchtet. Man muss dabei aber bedenken, dass auch die Dekoder nicht benutzter Loks oder der Weichen und Signale Strom verbrauchen.

Mit einem Trimpoti kann die Anzeige abgeglichen werden. Dazu wird ein möglichst guter Vergleichswert benötigt. Diesen kann ein gutes Messgerät (True RMS bei der Strommessung ist hier das Stichwort) oder der in der Zentrale eingebaute Strommonitor liefern. Der Booster-Ausgangsstrom wird z.B. im Informationsmenü der Märklin CS 1/2 oder der ESU ECoS angezeigt. Es geht aber auch ohne Abgleich. In diesem Fall einfach den Trimpoti ungefähr auf Mittelstellung belassen.

Schaltungsbeschreibung

Den Kern der Schaltung bildet die Sicherungsschaltung, die für jeden Ausgangskanal den Strom misst und bei Bedarf abschaltet (Abb. 3). Die Schaltung ist für jeden der vier Gleisabschnitte identisch und wurde schon in der Dimo 1/2013 ausführlich beschrieben. Neu ist die Verstärkerschaltung um IC1 B mit anschließender Glät-

tung (R21 und C2). Diese erzeugt eine Gleichspannung, die proportional zum (gemittelten) Stromverbrauch im betreffenden Gleisabschnitt ist. Ausgegeben wird etwa 1 V pro 1 A. Dieses Signal wird zur Stromanzeige verwendet und wird deshalb über die Steckerleiste JPI zur Anzeigepult geführt.

An JPI wird auch die Kanal-Status-LED und der Taster zum separaten Einschalten des Kanals angeschlossen. Über die neu hinzugekommenen Transistoren T2 und T3 wird der Gleisabschnitt elektronisch ein- und ausgeschaltet. Dies kann manuell über zwei Taster oder fernbedient über einen Weichendekoder geschehen (Abb. 4). Der Weichendekoder entspricht dem bekannten „Weichei“ und besteht im Wesentlichen aus einem entsprechend programmierten PIC-Controller (siehe Kasten). Außerdem wird für diesen Bausteine eine eigene, stabilisierte 5-V-Versorgung benötigt. Diese wird mit einem kleinen Linear-Spannungsregler aus der 15-V-Stromversorgung abgeleitet.

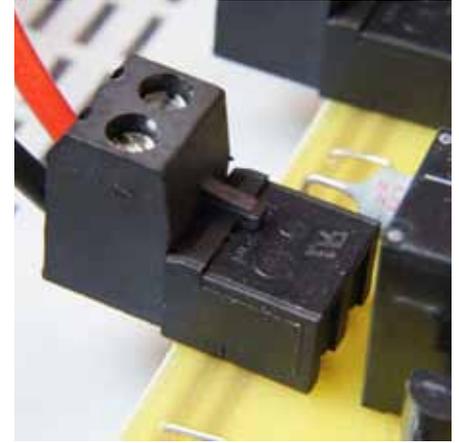
Die Schaltung, insbesondere die Operationsverstärker, benötigen eine symmetrische Spannung von +15 V und



Die Anzeigeplatine und die Basisplatine sind mit einigen Kabeln verbunden. Hier wurden einzelne Litzen in verschiedenen Farben genutzt. Man kann aber auch Flachbandkabel verwenden.



Die Verbindung zur Anzeigeplatine übernehmen selbstgebaute Stecker aus Buchsenleisten.



Die Ein- und Ausgänge der AutoFuse-De-luxe-Platine sind steckbar über ausgeführt, wobei die Kabel in die Stecker geschraubt werden. Dies ist beim Aufbau sehr praktisch, man kann die Kabel aber natürlich auch direkt in die Platine löten.



Die AutoFuse Deluxe kann auch ohne Bedienelemente und Anzeigeplatine betrieben werden. Das Foto zeigt noch den Prototyp mit improvisiertem Kühlkörper.

-15 V. Diese wird aus einer Wechselspannung von etwa 16 V gewonnen (Abb. 5). Man kann also einen ausrangierten, kleinen Modellbahntrafo verwenden. 8 VA Leistung sind ausreichend. Auch ein 15-V-Trafo funktioniert. Wichtig ist, dass die Schaltung mit einer Wechselspannung versorgt wird, weil über die Dioden D29 und D30 jeweils die positive und die negative Halbwelle zur Erzeugung der positiven und der negativen Versorgungsspannung verwendet werden. Achtung: Für die Versorgung der AutoFuse Deluxe sollte ein separater Trafo verwendet werden. Insbesondere darf er nicht gleichzeitig für andere Dinge benutzt werden, die Kontakt zum Gleissignal haben könnten. Die Stabilisierung der beiden Versorgungsspannungen übernehmen Linear-Spannungsregler. Auch die Relais werden mit dieser Spannung ver-

sorgt. Der positive Regler ist deshalb stärker belastet als der Negativ-Regler und muss mit einem kleinen Kühlkörper gekühlt werden.

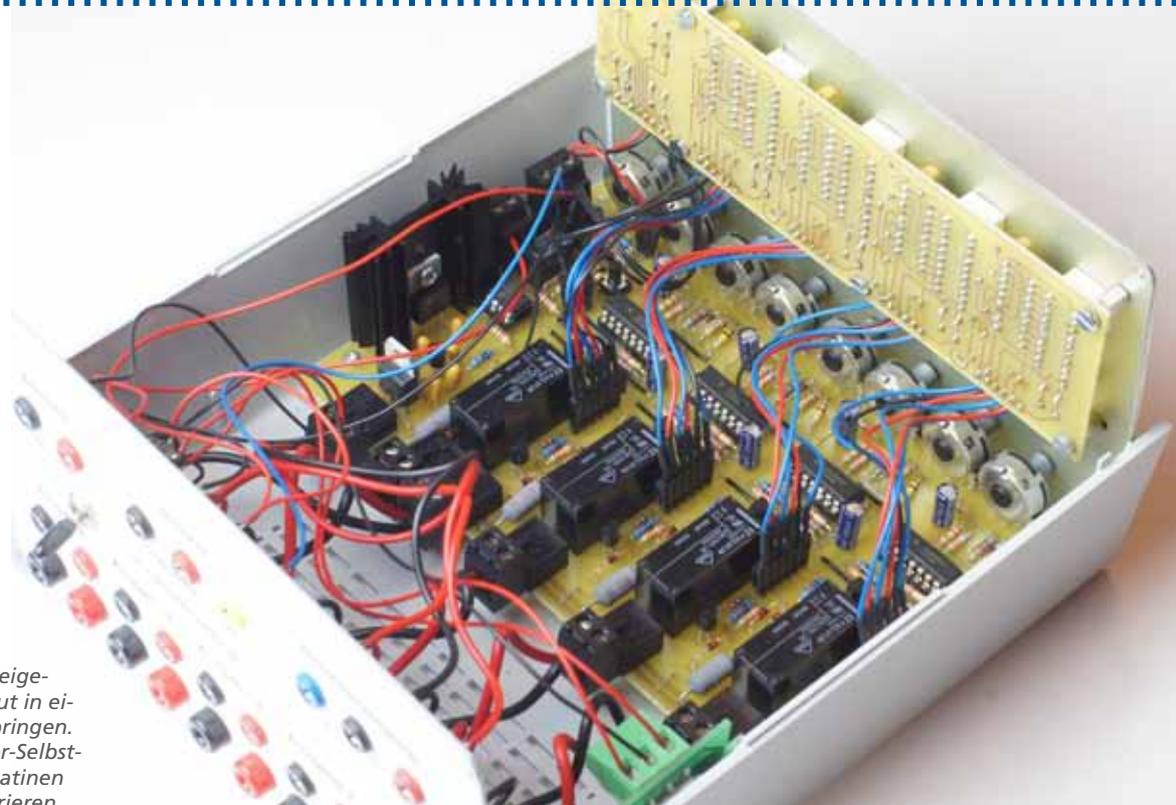
Die Stromanzeige sowie der Einschalttaster und die Status-LED für jeden Kanal sind auf einer getrennten Anzeigeplatine untergebracht. Die Schaltung für einen Kanal zeigt Abb. 6. Durch die Verwendung des speziellen Bargraph-ICs LM3914 ist die Schaltung sehr einfach. Der Eingang des ICs wird lediglich noch über einen Spannungsteiler mit Trimpoti geführt, so dass die Anzeige abgeglichen werden kann.

AUFBAU

Da nur bedrahtete Bauteile und zwei geätzten Leiterplatten verwendet werden, ist der Aufbau recht einfach und auch von Hobby-Löttern leicht zu bewäl-

tigen. Etwas Erfahrung im Aufbau von Elektronikbausätzen sollte man aber mitbringen. Die Platinen werden in der üblichen Reihenfolge bestückt: Zunächst die flachen Bauteile wie Widerstände und Dioden, dann die höheren wie Transistoren und Kondensatoren und ganz zum Schluss die etwas größeren Relais. Auf die Ausrichtung der Bauteile ist zu achten, insbesondere bei Dioden und den gepolten Kondensatoren. Für die ICs verwendet man Sockel.

Wer die Platinen selbst ätzen will, findet die Layouts auf der Homepage des Autors (www.skrauss.de/modellbahn/autofuse/index.html). Die Platinen können auch einseitig geätzt werden. Dann benötigt man ein paar Drahtbrücken, spart sich aber den Mehraufwand für doppelseitige Platinen. Die unter www.digital-bahn.de angebotenen Platinen sind hingegen doppelseitig und mit



Die AutoFuse Deluxe mit Anzeige- und Basisplatine lassen sich gut in einem eigenen Gehäuse unterbringen. Bei einem kompletten Booster-Selbstbau würde man die beiden Platinen in das Booster-Gehäuse integrieren.

Lötstopplack und Bestückungsaufdruck versehen. Das ist bequem, Konzentration bei der Bestückung wird aber trotzdem empfohlen.

Die Anzeigeplatine wird mit der Basisplatine über einige dünne Kabel verbunden (Abb. 7). Die Kabel werden auf der Anzeigeplatine direkt angelötet und auf der Basisplatine gesteckt. So können beide Platinen während des Aufbaus und beim Gehäuseeinbau leicht getrennt werden. Die Stecker bestehen aus Buchsenleisten, die an die Kabelenden gelötet werden (Abb. 8). Die Lötstellen schützt man mit kleinen Schrumpfschlauchstücken gegen Kurzschlüsse. Die verschiedenen Farben der Kabel unterstützen bei der korrekten Verkabelung. Auch für die Anschlüsse vom Booster und zu den Gleisen sind Steckverbinder vorgesehen (Abb. 9).

Zunächst wird die Basisplatine in Betrieb genommen. Dazu wird sie noch ohne die Operationsverstärker und den PIC-Prozessor mit der Stromversorgung verbunden. An den Pins der noch leeren IC-Fassungen kann man die Versorgungsspannungen messen. Stimmt alles, können (im spannungslosen Zustand) die ICs bestückt werden. Dann werden die Bedienelemente und die Anzeigeplatine angeschlossen und die Funktionalität getestet. Kurzschlüsse zum Testen erzeugt man besser nicht am Gleis, sondern mit offenen Kabelenden an den Gleisanschlüssen der Basisplatine.

Für den Betrieb an einem Selbstbau-Booster baut man die beiden Platinen am Besten mit ins Booster-Gehäuse ein. Ansonsten empfiehlt sich die Verwendung eines eigenen Gehäuses, wie auf Abbildung 10 zu sehen. Hier wurde das günstige und gut erhältliche TEKO-Gehäuse AUS 33 verwendet (z.B. bei Reichelt, Bestellnummer „TEKO AUS33“). Wer auf die Einstell- und Anzeigemöglichkeiten verzichten möchte, kann die Basisplatine auch ohne Anzeigeplatine aufbauen (Abb. 11). In diesem Fall werden Trimpotentiometer statt Potentiometer verwendet und die Sicherung nur einmal beim Aufbau auf die gewünschten Werte eingestellt. Als Bedienelemente sollte man aber wenigstens den Einschalttaster und die vier Status-LEDs der Kanäle an die Frontplatte führen.

BETRIEB

Die AutoFuse Deluxe wird zwischen Boosterausgang und bis zu vier Gleisabschnitten geschaltet. Die Gleisabschnitte brauchen dazu nur einseitig getrennt zu werden, beim Märklin-Gleis der Mittelleiter. Die Masse bzw. „braun“ bleibt immer verbunden. Die AutoFuse Deluxe arbeitet mit einer durchgehenden Masse, nur die Signalseite wird beeinflusst. Beim Überfahren der Trennstellen werden die beiden Gleisabschnitte durch die Radsätze der Züge verbunden, was aber nicht weiter stört. Weitere Vorkehrungen wie zum Bei-

spiel Schleiferwippen sind daher nicht erforderlich.

Mit den Drehpotentiometern wird für jeden Kanal der Maximalstrom eingestellt. Diesen kann man überschlägig und großzügig aus der maximalen Belastung im entsprechenden Stromkreis berechnen. Oder einfach grob abschätzen und ausprobieren. Eine Obergrenze von 2 A bis maximal 3 A hat sich in der Praxis bewährt. Die Summe der Ströme darf dabei den Maximalstrom des Boosters übersteigen. Der Booster ist immer auch selbst gegen eine zu hohe Stromentnahme geschützt, das ist nicht die Aufgabe der AutoFuse. Auch die Einstellung der Auslöseverzögerung ist nicht kritisch. Hier ist von einem niedrigen Wert ausgehend Ausprobieren gefragt.

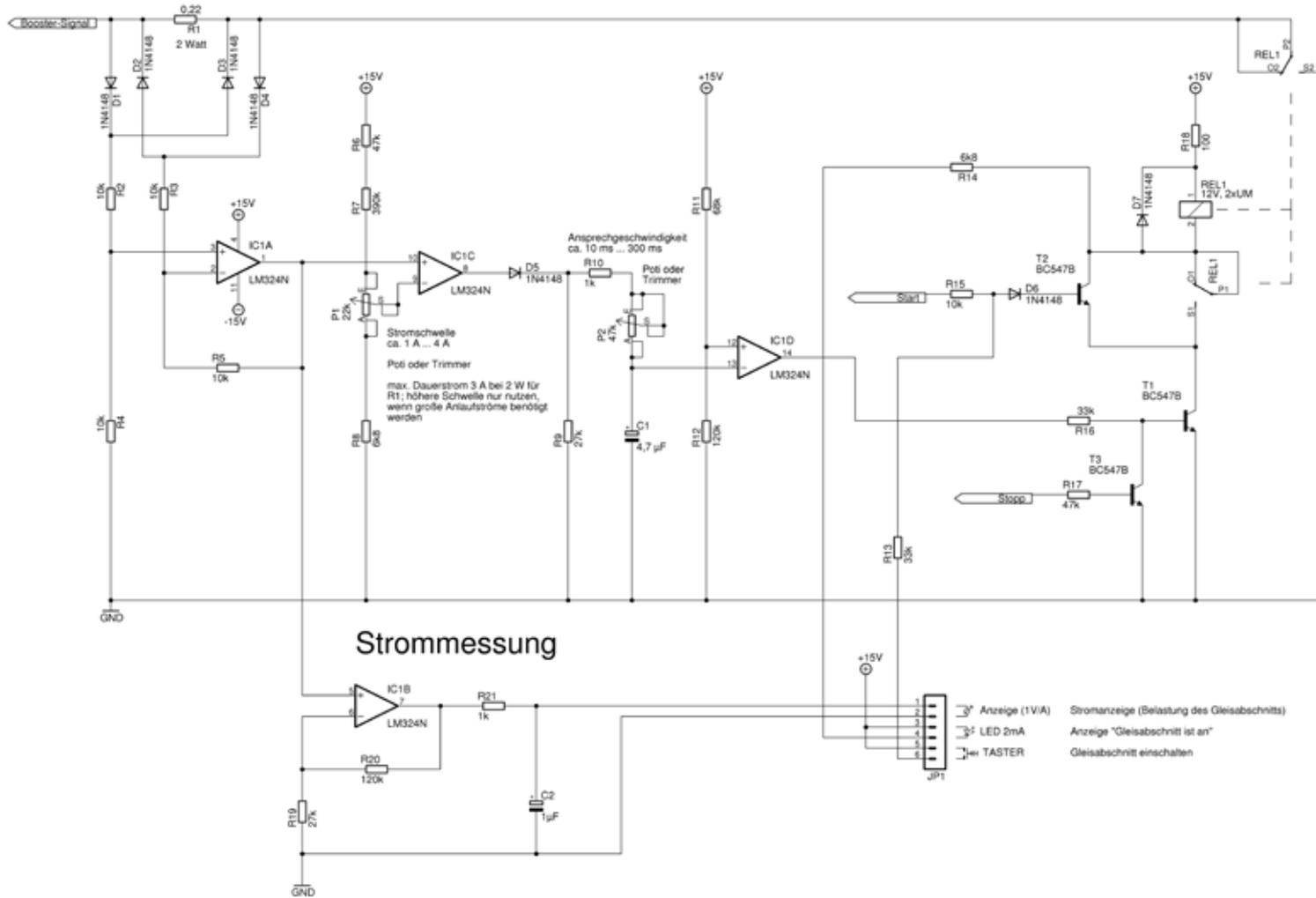
Wenn die AutoFuse durch einen Kurzschluss auslöst, wird normalerweise nur der entsprechende Gleisabschnitt abgeschaltet. Die Kurzschlusserkennung des Boosters schlägt in der Regel nicht an, ebenso wenig wird der Kurzschluss an der Zentrale angezeigt. Man erkennt aber an der Anzeige der AutoFuse, welcher Gleisabschnitt abgeschaltet wurde. Per Tastendruck oder Weichenbefehl lässt sich nach Beheben des Kurzschlusses der Gleisabschnitt wieder zuschalten.

Dr. Stefan Krauß

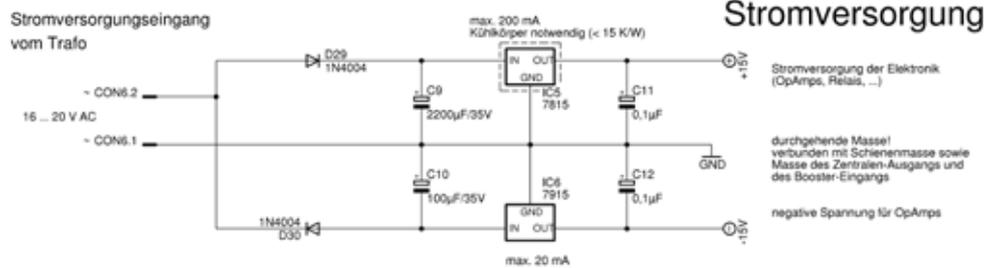
www.skrauss.de/modellbahn/autofuse/index.html



Stromerfassung Schwellwertermittlung und Filterung Relais-Schaltung



Den Kern der Schaltung bildet die Sicherungsschaltung. Sie wird für jeden der vier Ausgänge benötigt. Der Schaltplan zeigt nur die Schaltung für den ersten Ausgang.

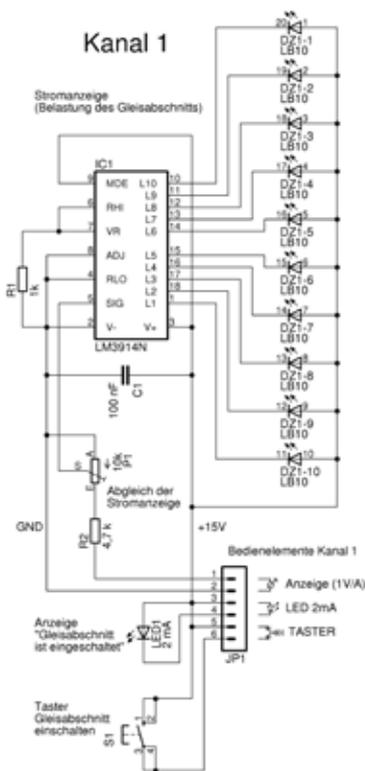


Die symmetrische ±15-V-Stromversorgung wird aus einer Wechselspannung über zwei Linearregler gewonnen.

Ausgang Gleisabschnitt 1

- CON1.1 Signal ("rot")
- CON1.2 Masse ("braun")

Kanal 1



Für jeden Kanal wird auf der Anzeigeplatine der Stromverbrauch angezeigt. Hier ist wieder nur der Schaltplan für einen Kanal dargestellt, die drei anderen Kanäle sind identisch.

DEKODER FÜR FERNSTEUERUNG

Zum ferngesteuerten Ein- und Ausschalten der AutoFuse ist ein Schaltdeko­der integriert, der auf Weichenschaltbefehle reagiert: „rot“ (abzweigend) schaltet alle Ausgänge ab, „grün“ (gerade) schaltet alle Ausgänge ein. Die Weichenadresse kann der Dekoders lernen: Die Programmierung startet man mit dem Programmier­tas­ter auf der Basisplatine. Die Ausgänge schalten dann zyklisch ein und aus. Nun sendet man von der Zentrale einen Weichenschalt­be­fehl. Auf diese Adresse wird der Dekoder nun hören. Die Weiche schaltet man dann noch einmal, danach ist die Programmierung abgeschlossen.

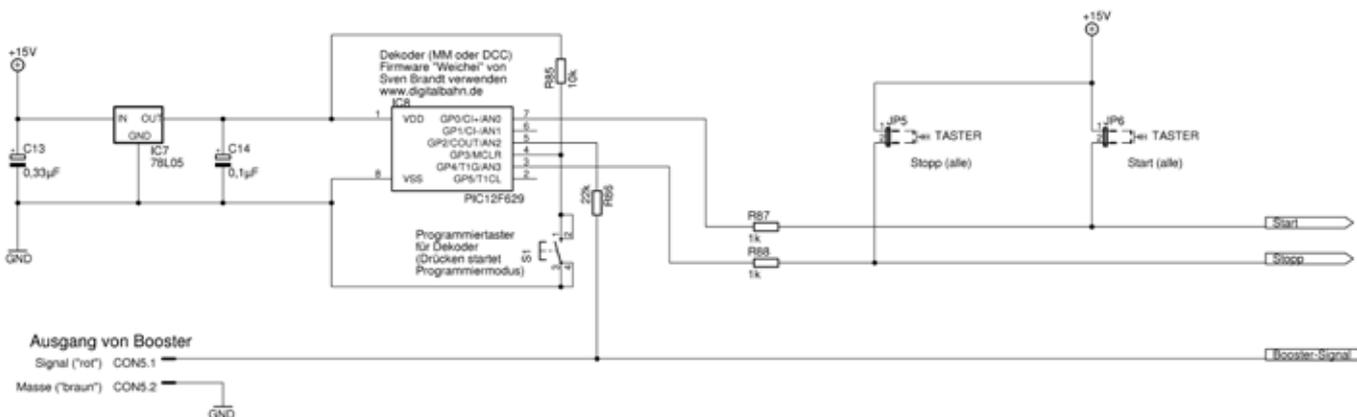
Der Dekoder entstammt dem Digital-Bahn-Projekt von Sven Brandt, der ihn als Weichendekoder „Weichei“ anbietet (www.digitalbahn.de). Der Controller auf der AutoFuse-Basisplatine kann mit

der Weichei-Firmware geladen werden, die es in einer MM- und DCC-Variante auf der Web-Seite zum Download gibt. Alternativ bietet Sven Brandt eine angepasste AutoFuse-Firmware an. Ein entsprechend programmierter Controller kann von ihm bezogen werden. Achtung: Der Weichei-Controller selbst kann nicht verwendet werden, weil er in einem kleineren SMD-Gehäuse geliefert wird.

Der Unterschied zwischen der originalen Weichei-Firmware und der AutoFuse-Variante ist lediglich, dass letztere nach dem Einschalten der Stromversorgung automatisch die AutoFuse-Ausgänge einschaltet. Bei der Verwendung der originalen Weichei-Firmware muss dies immer durch den Benutzer geschehen.

Dekoder

Start/Stop-Haupttaster



Schaltplan des integrierten Weichendekoders, der zum Ein- und Ausschalten der Ausgänge über die Zentrale dient.



Stückliste AutoFuse Deluxe

Anzahl	Bauelemente	Teilebezeichnung	Reichelt Bestellnummer	Hinweise
AutoFuse-Basisplatine				
4	R1, R22, R43, R64	Drahtwiderstand 0,22 Ohm, 2 Watt	2W Draht 0,22	
4	R18, R39, R60, R81	Widerstand 100 Ohm	1/4W 100	
10	R10, R21, R31, R42, R52, R63, R73, R84, R87, R88	Widerstand 1 kOhm	1/4W 1k	
8	R8, R14, R29, R35, R50, R56, R71, R77	Widerstand 6,8 kOhm	1/4W 6,8k	
21	R2-R5, R15, R23-R26, R36, R44-R47, R57, R65-R68, R78, R85	Widerstand 10 kOhm, 1%	Metall 10,0k	
1	R86	Widerstand 22 kOhm	1/4W 22k	
8	R9, R19, R30, R40, R51, R61, R72, R82	Widerstand 27 kOhm	1/4W 27k	
8	R13, R16, R34, R37, R55, R58, R76, R79	Widerstand 33 kOhm	1/4W 33k	
8	R6, R17, R27, R38, R48, R59, R69, R80	Widerstand 47 kOhm	1/4W 47k	
4	R11, R32, R53, R74	Widerstand 68 kOhm	1/4W 68k	
8	R12, R20, R33, R41, R54, R62, R75, R83	Widerstand 120 kOhm	1/4W 120k	
4	R7, R28, R49, R70	Widerstand 390 kOhm	1/4W 82k	
4	P1, P3, P5, P7	Poti 22 kOhm	PO4M-LIN 22K	
4	P2, P4, P6, P8	Poti 47 kOhm	PO4M-LIN 47K	
4	C2, C4, C6, C8	Elko 1 µF, 63 V	RAD 1/63	
4	C1, C3, C5, C7	Elko 4,7 µF, 35 V	RAD 4,7/35	
1	C10	Elko 100 µF, 35 V	RAD 100/35	
1	C9	Elko 2200 µF, 35 V	RAD 2.200/35	
3	C11, C12, C14	Tantal-Perlen-Kondensator 0,1 µF, 35 V	TANTAL 0,1/35	
1	C13	Tantal-Perlen-Kondensator 0,33 µF, 35 V	TANTAL 0,33/35	
28	D1-D28	Diode 1N4148	1N 4148	
2	D29, D30	Diode 1N4004	1N 4004	
12	T1-T12	NPN-Transistor BC547B	BC 547B	
4	IC1-IC4	LM348N	LM 348 DIL	
1	IC5	Spannungsregler 7815	µA 7815	
1	IC6	Spannungsregler 7915	µA 7915	
1	IC7	Spannungsregler 78L05	µA 78L05	
1	IC8	PIC 12F629-I/P	PIC 12F629-I/P	programmiert mit Firmware „Weichei“ oder „AutoFuse“
1 -		IC-Sockel, 8 polig	GS 8P	
4 -		IC-Sockel, 14 polig	GS 14P	
1 -		Kühlkörper für TO220, 11 K/W	V PR32/38,1	
4	REL1-REL4	Relais 2xUM, 12 V bei 360 Ohm	FTR F1CL012R	
1	S1	Kurzhubtaster	TASTER 3301	
5	CON1-CON5	Wannenstecker gewinkelt, Raster 5,08, 2-polig	AKL 230-02	
5 -		zugehöriger Stecker mit Schraubklemme	AKL 249-02	
1	CON6	Wannenstecker gewinkelt, Raster 3,81, 2-polig	AKL 382-02	
1 -		zugehöriger Stecker mit Schraubklemme	AKL 369-02	
4	JP1-JP4	Jumperstecker 6-polig aus Stifteleiste 1-reihig, 2,54mm Raster	SL 1X36G 2,54	aus einer Leiste teilen für JP1-JP6
2	JP5, JP6	Jumperstecker 2-polig aus Stifteleiste 1-reihig, 2,54mm Raster		
1 -		Miniatur-Einbautaster, 1xEIN, rot	T 250A RT	für Anschluss an JP5
1 -		Miniatur-Einbautaster, 1xEIN, grün	T 250A GN	für Anschluss an JP6
AutoFuse-Anzeigeplatine				
4	R1, R3, R5, R7	Widerstand 1 kOhm	1/4W 1k	
4	R2, R4, R6, R8	Widerstand 4,7 kOhm	1/4W 4,7k	
4	C1-C4	Keramik-Kondensatoren, 100nF	Z5U-5 100N	
4	P1-P4	Trimmer 10 kOhm, liegend	PT 10-L 10K	
4	IC1-IC4	LM3914N	LM 3914 DIL	
4	DZ1-DZ4	LED Balkenanzeige, 10 Elemente grün	GBG 1000	
4	LED1-LED4	LED 3mm, low current 2 mA, grün	LED 3MM 2MA GN	
4	S1-S4	Kurzhubtaster, Höhe: 12,5mm	TASTER 3301D	
2 -		Buchsenleiste, gerade, 2,54mm	BL 1X20G8 2,54	teilen für JP1-JP6, Buchsen an Kabelende löten

Die Stückliste für die Basisplatine und die optionale Anzeigeplatine. Die Teile sind z.B. bei Reichelt (www.reichelt.de) gut erhältlich. Die Bauteile der Basisplatine kosten ca. 32 €, die der Anzeigeplatine ca. 10 €. Dazu kommen die Kosten für die beiden Platinen, die unter www.digital-bahn.de erhältlich sind. Dort bekommt man auch den programmierten PIC-Controller.

