

B.A. = 15	B.A. = 0	B.A. = 1	B.A. = 2
-----------	----------	----------	----------

Sync	1	2	3	4	5	6	7
------	---	---	---	---	---	---	---

SELECTRIX Internals

Technische Beschreibung

V0.3 - 23-Jan-1998

Hinweis: Diese technische Beschreibung des SELECTRIX Systems ist zur Zeit noch im Entstehen, also noch nicht fertig.

Inhaltsverzeichnis

1 Datenformat

- 1.1 Das Grundformat
- 1.2 Der Synchronkanal
- 1.3 Der Datenkanal
- 1.4 Programmierbeispiel

2 Der SELECTRIX-Bus

- 2.1 Das Stecksystem
- 2.2 Die Bussignale
 - 2.2.1 Ausgangsspannung und Ausgangswiderstand
 - 2.2.2 Zeitbedingungen
 - 2.2.3 Das Vollduplexverhalten am Bus
 - 2.2.4 Busverdrahtung
 - 2.2.5 Strombedarf der Geräte
 - 2.2.6 Probleme bei Busüberlastung

3 Kanalbelegungen

- 3.1 Kanal 111
- 3.2 Kanal 109
- 3.3 Kanal 106
 - 3.3.1 Derzeitige Kanalbelegung
 - 3.3.2 Funktion mit b.6=1

4 Die Spannung am Gleis

- 4.1 Codierung bei NMRA/Lenz
- 4.2 Codierung bei SELECTRIX

5 Der Lokdekoder

6 Gerätebeschreibungen

7 Troubleshooting

- 7.1 Verdrahtung
 - 7.1.1 Bus-Verdrahtung

8 Betriebserfahrungen

1 Datenformat

Das Datenformat ist entgegen den bei anderen Systemen verwendeten Formaten auf Übertragungsgeschwindigkeit optimiert. Für diese geschwindigkeitsmäßige Optimierung ist es erforderlich, nicht jede Adresse mit der zugehörigen Information einzeln zu übertragen und auf Fehler zu erkennen, sondern mehrere Adressen zusammenzufassen und eine gemeinsame Fehlererkennung durchzuführen.

Das Übertragungsformat besteht aus einem Synchronenteil (der aus einer im übrigen Datenstrom nicht verwendeten Impulsfolge und einer sogenannten 'Basisadresse' besteht) und daran anschließend den einzelnen Übertragungskanälen, wobei in jedem Kanal 8 Informationsbits zur Verfügung stehen.

1.1 Das Grundformat

- Das der Übertragung zugrunde liegende Format sind 2 Informationsbits mit einer anschließenden log '1' zur Trennung der Bits
- Die Synchronisierung verwendet eine sonst im Datenstrom nicht vorkommende Impulsfolge. Diese besteht aus 3 aufeinanderfolgenden log '0'
- Jeder Kanal beinhaltet 8 Informationsbits (und zusätzlich 4 Trennbits)
- Durch die Verwendung von 8 Informationsbits mit den dazu benötigten Trennbits (nach je 2 Informationsbits 1 Trennbit) ergibt sich eine Kanallänge von insgesamt 12 Bits
- Der Grundrahmen besteht aus einem Synchronkanal, der ebenfalls aus 12 Bit aufgebaut ist, und daran anschließend 7 Informationskanälen, die praktisch jeweils einer Lokadresse entsprechen
- Der Synchronkanal beinhaltet 16 Basisadressen (0 .. 15)
- Der Gesamtrahmen besteht aus 16 Grundrahmen, entsprechend den 16 Basisadressen

1.1.1 Erklärung des Grundformats

Gesamtrahmen

Grundrahmen

Bedingt durch den Aufbau mit einem Synchronkanal - in dem auch die 16 Basisadressen übertragen werden - und anschließend den 7 Informationskanälen ergibt sich ein Umfang von

$$16 * 7 = 112 \quad \text{Informationskanälen}$$

Kanäle und Adressen

Sync+B.A.	
Datenkanäle	96 .. 111
Datenkanäle	80 .. 95
Datenkanäle	64 .. 79
Datenkanäle	48 .. 63
Datenkanäle	32 .. 47
Datenkanäle	16 .. 31
Datenkanäle	00 .. 15

1.2 Der Synchronkanal

Der Synchronkanal besteht aus der Synchronisierung - bestehend aus 3 aufeinanderfolgenden '0', einem speziellen Bit, sowie der Basisadresse. Zusammen mit den nötigen Trennbits ergibt sich ein Gesamtkanal von 12 Bits.

Bitfolge im Sync-Kanal

0 0 0 1 X 1 B3 B2 1 B1 B0

Die Bits haben folgende Bedeutung:

0 log 0
1 log 1
X spezielles Bit am Bus:
Ein/Aus der Zentrale (Spannung am Gleis)
am Gleis: immer G1 = 0 (für den Gleichlauf von Boostern)
B0..B3 Basisadresse (0 .. 15)
B0 = lsb (Wertigkeit 1)
B3 = msb (Wertigkeit 8)

1.3 Der Datenkanal

Der Informationskanal besteht aus 8 Informationsbits und 4 log '1' Trennungsbits, die jeweils zu 'Trippeln' zusammengesetzt sind, sodaß im Datenstrom maximal 2 log '0' aufeinanderfolgen können.

Bitfolge im Informationskanal

D7 D6 1 D5 D4 1 D3 D2 1 D1 D0 1

Die Bits haben folgende Bedeutung:

0 log 0
1 log 1
D7..D0 Information

Für den Informationskanal ist Bit 7 das msb, Bit 0 das lsb. Für die Ansteuerung einer Lok gilt folgenden Zuordnung

bit 7 Horn (oder Zusatzfunktion 2)
bit 6 Licht
bit 5 Richtung
bit 4 .. 0 Geschwindigkeit (bit 0 = lsb), bis 31 Fahrstufen und Halt

1.4 Programmierbeispiel

Bedingt durch das zyklische Verfahren ergibt sich auch eine sehr übersichtliche Programmgestaltung. Ein Auszug aus dem Programm des Funktionsdecoders FD2000 soll dies deutlich machen.

```
;-----;
; Grundprogramm Betrieb ;
;-----;
x_xmit: call x_xkan ; K 7 (96 .111)
        call x_xkan ; K 6 (80 . 95)
        call x_xkan ; K 5 (64 . 79)
        call x_xkan ; K 4 (48 . 63)
        call x_xkan ; K 3 (32 . 47)
        call x_xkan ; K 2 (16 . 31)
        call x_xkan ; K 1 (00 . 15)
        ;
        jmp x_xmit ; letzte 1
        ;
;-----;
; Sx-Bus: Normal-Kanal ;
;-----;
x_xkan: call x_otri ; 1. Impuls (= 1)
        mov a,rx_bad ;
        add a,#10h ; Erhoehung der
        mov rx_bad,a ; Kanalnummer
        xrl a,rx_adr ; Adressvergleich
        jz x_kinp ; Dateneubernahme
        jmp x_ot10 ; Leerkanal
        ;
;-----;
; Sx-Bus: Übernahme-Kanal ;
;-----;
x_kinp: call x_idat ; Info 0
        call x_idat ; Info 1
        call x_otri ;
        call x_idat ; Info 2
```

```

        call    x_idat        ; Info 3
        call    x_otri        ;
        call    x_iodat       ; Info 4
        call    x_idat        ; Info 5(V)
        call    x_otri        ;
        call    x_idat        ; Info 6
        call    x_idat        ; Info 7
        ret                ;
                                ;
;-----;
; sx-bus: Synchronisierung ;
;-----;
x_syt0: jb      sxt0,x_syt0    ;
        call    z_cy20        ;
        ret                ;
                                ;
x_sync: call    x_syt0        ; Kontrolle auf 3 * '0' + 1 * '1'
        jb      sxt1,x_sync    ; 1. "0"
        call    x_syt0        ;
        jb      sxt1,x_sync    ; 2. "0"
        call    x_syt0        ;
        jb      sxt1,x_sync    ; 3. "0"
        call    x_syt0        ;
        jnb     sxt1,x_sync    ; 1. "1"
                                ;
x_sy40: call    x_syt0        ;
        mov     c,sxt1        ; Uebernahme ein/aus
        mov     a,ra_zus      ; der Zentrale
        rl      a              ;
        rrc     a              ;
        mov     ra_zus,a      ;
        call    x_otri        ; 3. "1"
                                ;
        call    x_adin        ; Adresse a0
        call    x_adin        ; Adresse a1
        call    x_otri        ;
        call    x_adin        ; Adresse a2
        call    x_adin        ; Adresse a3
        ret                ;
                                ;

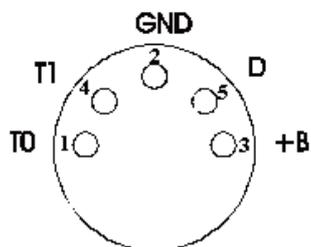
```

dabei bedeutet x_otri ein hochohmigschalten der Ausgabe und steht hier stellvertretend für die Übernahme einer log '1'

2 Der SELECTRIX - Bus

2.1 Das Stecksystem

Die Steckverbindung erfolgt mit ganz normalen 5-poligen (Phono-) Buchsen, die entsprechend dem folgenden Bild belegt sind:



Die Belegung der 5-poligen Buchse (Ansicht von oben)

T0	Taktsignal
T1	Daten von der Zentrale
GND	Erde (Ground)
D	Daten zur Zentrale
+	Betriebsspannung (+20V)

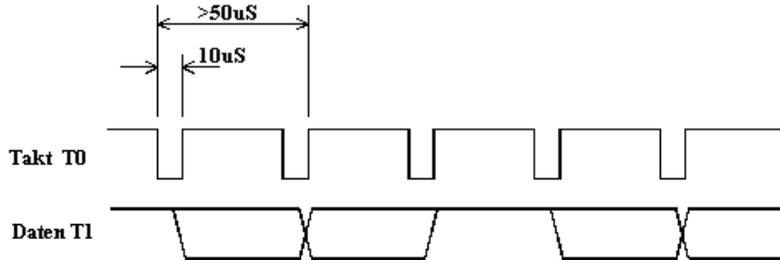
2.2 Die BUS-Signale

2.2.1 Ausgangsspannung und Ausgangswiderstand

Ausgangsspannung	log '0'	0 .. 1 V
Ausgangsspannung	log '1'	4 .. 5 V
Abtastungsschwelle (nominal)		2,5 V
Ausgangswiderstand	T0	100 Ohm
Ausgangswiderstand	T1	220 Ohm
Ausgangswiderstand	D	470 Ohm

2.2.2 Zeitbedingungen

Die Zeitbedingungen können dem folgenden Bild entnommen werden.



Die log '0' im Takt ist immer genau 10 µs lang, die Periodenzeit (> 50 µs) ist nicht so genau definiert. In den alten Zentraleinheiten I und II ist diese Periode genau 50 µs lang, in der neuen Zentraleinheit CC2000 und auch im Translator (wenn dieser auf 'Zentrale' gestellt wird) ist die Zeit nicht so genau definiert. Vor allem beim Betrieb der Zentrale im kombinierten oder 'Lenz'-Modus ist die periodenzeit stark verlängert (entsprechend der Codierung mit 58 bzw. 116 µs).

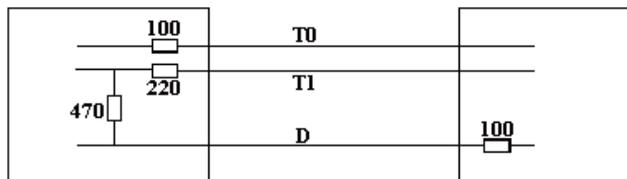
Das Grundelement (1 Bit) ist bei Betrieb mit SELECTRIX demnach ca. 50 µs lang. Mit dieser Zeiteinheit und der gegebenen Rahmenstruktur kann man folgende Zeiten errechnen:

1	Bit	50 µs
1	Kanal	600 µs (= 12 Bit)
1	Grundrahmen	ca. 4,8 ms
1	Gesamtrahmen	ca. 80 ms (= 16 Grundrahmen)

2.2.3 Das Vollduplexverhalten am Bus

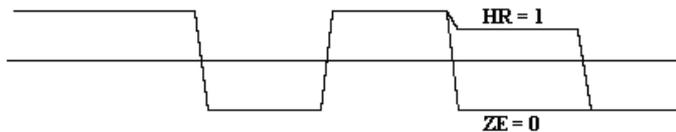
In der Zentrale sind die abgehende Datenleitung T1 und die zur Zentrale gerichtete Datenleitung D über einen Widerstand von 470 Ohm verknüpft. Ist also an die Datenleitung kein Gerät angeschlossen (oder ist ein angeschlossenes Gerät inaktiv), dann wird das Signal an D entsprechend dem Signal an T1. Die Zentrale übernimmt den Wert von D und gibt ihn im nächsten Zyklus an T1 wieder aus.

Will ein an den Bus angeschlossenes Gerät (zB. ein Handregler) das Datensignal ändern (also zB. aus einer log '0' eine log '1' machen, um die Fahrstufe zu ändern), dann 'überschreibt' der Handregler (in dem durch seine Adresse gewählten Kanal) die log '0' mit einer log '1'. Dies ist durch die Dimensionierung der Koppelwiderstände gegeben (siehe Bild)



Kopplung von T1 auf D

Die Zentrale koppelt ihr (altes) Signal mit 470 Ohm auf die Leitung D, der Handregler das 'neue' Signal mit 100 Ohm auf die Leitung D - der Handregler 'gewinnt'. Dieser Überschreibvorgang ist im nächsten Bild dargestellt.

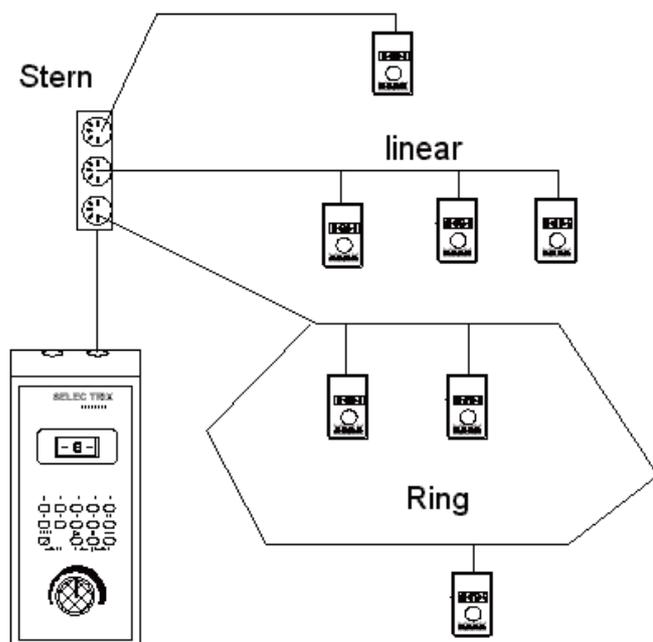


Überschreibvorgang

2.2.4 Busverdrahtung

Für die Verdrahtung des SELECTRIX-Bussystems gibt es nicht so einengende Vorschriften wie bei anderen Systemen, wo die Forderung besteht, daß die Busleitung nur linear verlegt werden darf und mit einem Abschlußwiderstand am Ende der Leitung versehen werden muß. Bei SELECTRIX sind alle möglichen Verdrahtungsformen erlaubt:

- Sternförmig
- Linear
- Ringförmig
- jede beliebige Kombination der oben genannten Formen



Wichtig ist dabei nur, daß die zulässige Gesamtlänge von ca. 100 m eingehalten wird, und daß die Masseleitung einen entsprechenden großen Querschnitt besitzt (siehe folgenden Abschnitt)

Maximaler Widerstand der Masseleitung

2.2.5 Strombedarf der Geräte

In der folgenden Tabelle sind alle Geräte, die an den SELECTRIX Bus angeschlossen werden können aufgeführt. Man kann damit die für die eigene Anlage optimale Busverdrahtung, vor allem den Leiterquerschnitt der Masseleitung, berechnen.

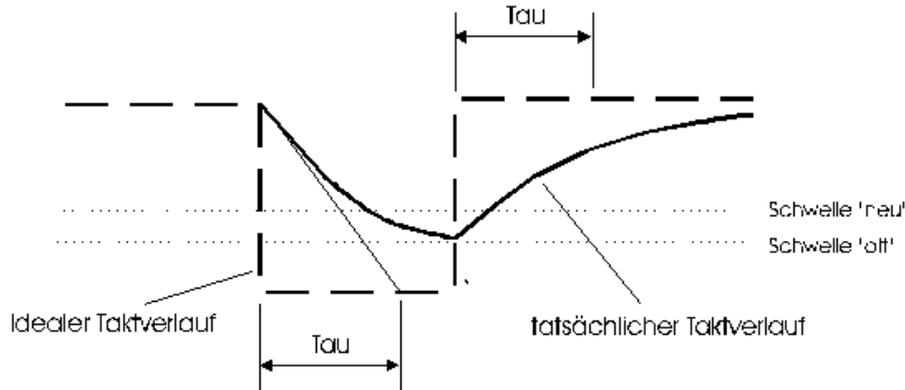
2.2.6 Probleme bei Busüberlastung

Bei großen Anlagen kann es zu Überlastungen am Bus kommen. Die Folge davon ist z.B. unkontrolliertes Schalten von Weichen, "Flackern" der alten Handregler (Combi Control) etc. Die Überlastung hat hauptsächlich 2 Ursachen:

- Die Masseleitung ist zu dünn gewählt (siehe voriges Kapitel)
- Die Taktleitung T0 ist kapazitiv überlastet

Beseitigung der kapazitiven Überlastung

Der Takt hat, wie im Kapitel 2.2.2 beschrieben, eine positive Periodendauer von $40 \mu s$ und eine negative Periodendauer von $10 \mu s$. Durch das exponentielle Einschwingen des Taktes, bedingt durch den Innenwiderstand des Takttreibers von 100 Ohm und der Kapazität des Kabels, ergibt sich in etwa der im Bild dargestellte Kurvenverlauf.

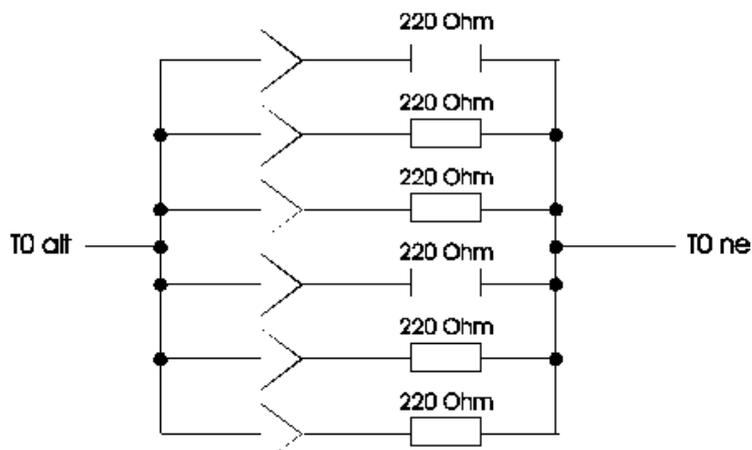


Die Zeitkonstante τ wird gebildet durch den Innenwiderstand mal der Kabelkapazität ($\tau = R * C$)

Zusätzlich wird diese schlechte Kurvenform noch dadurch "belastet", daß in alten Geräten (Combi Control, alte Funktionsdecoder) die Abtastschwelle für den Takt direkt durch die Eingangsschwellspannung eines Mikroprozessors (der TTL-Pegel verarbeitet) gebildet wird, also nicht in der Mitte des Taktsignals (bei ca. 2,5 Volt) liegt, sondern bei etwa nur 1,5 Volt.

Zur Behebung dieses Problems gibt es mehrere Lösungen

- Der Widerstand in der Zentraleinheit wird verringert (von 100 auf z.B. 50 Ohm). Dies bedeutet jedoch einen Eingriff in die Zentraleinheit.
- Es wird ein externer Widerstand (z.B. 200 Ohm) von der Taktleitung T0 nach Masse geschaltet. Mit diesem Widerstand erreicht man 2 Verbesserungen:
 1. reduziert sich der Innenwiderstand (und damit die Zeitkonstante) auf $2/3$, und
 2. wird die Gesamtspannung des Taktsignals proportional gegen Masse verkleinert (d.h. daß das Takt "High"-Signal nur mehr bei ca. $2/3$ der Spannung liegt, und auch entsprechend die negativen Takt-"Spitzen" in der Spannung auf $2/3$ ihres Wertes absinken).
- In ganz extremen Fällen (bei Anlagen mit großen Leitungslängen und entsprechend vielen Verbrauchern) empfiehlt sich jedoch der Aufbau eines eigenen Takttreibers, dessen Innenwiderstand ca. 20 Ohm betragen sollte. Ein derartiger Takttreiber kann aus einem Baustein 74HC240 gebildet werden.



3 Kanalbelegungen

In den alten Zentraleinheiten ZE I und ZE II sind keine Kanäle vorbelegt. Es sollte lediglich der Kanal 0 nicht belegt werden (beim alten RouteControl 66813 ist dieser Kanal gar nicht ansteuerbar), es gibt dafür allerdings keinen technischen Grund. In der neuen Zentraleinheit sind mehrere Kanäle vorbelegt. Die Belegungen sind folgende:

Kanal	von der ZE:	zur ZE:
111	erweiterte Basisadresse	Uhrzeit
110	Systemkanal der ZE	nicht benutzbar!
109	Zustandskanal der ZE	nicht benutzbar!
108		
107		
106	nicht benutzt	Anforderungskanal
105	Parameter	Parameter 1
104	Parameter 2	Parameter 2
103 *)	Parameter 3	Parameter 3
102 *)	Parameter 4	Parameter 4

*) noch nicht in Verwendung

3.1 Kanal 111

3.1.1 Richtung von der Zentrale:

Die 'normale' Basisadresse, die in jedem SYNC-Kanal eingelagert ist, wird erzeugt, indem bei jedem SYNC diese Basisadresse um 1 incrementiert (erhöht) wird.

Die erweiterte Basisadresse wird wie die 'normale' Basisadresse erzeugt, jedoch nicht auf 4 Bit begrenzt (wie bei der im SYNC übertragenen Basisadresse) sondern in einem vollen Kanal mit 8 Bit ausgegeben.

Als Verwendung für diese erweiterte Basisadresse ist (für die Zukunft) ein Multiplexbetrieb am BUS gedacht, wodurch sich die Anzahl der anschließbaren Geräte um diesen Multiplexfaktor erhöht.

Beispiele:

MUX-Faktor = 1 (derzeit) 1 Teilnehmer / Adresse (Lok, 8 Weichen, Belegtmelder etc)
 MUX-Faktor = 4 4 Teilnehmer / Adresse (zB. 32 Weichen)

Man hat mit dieser Methode den Vorteil, daß die Multiplexrate je nach Anwendung gewählt werden kann. Z.B. kann für die Loks die Multiplexrate = 1 betragen (wegen der hohen Störanfälligkeit der Übertragung zur Lok), sodaß pro Adresse nur 1 Dekoder angeschlossen werden kann, für Zusatzfunktionen, bei denen es nicht so auf die Schnelligkeit der Reaktion ankommt, kann die Multiplexrate = 2 genommen werden (d.h. man kann pro Adresse 2 Teilnehmer erreichen) usw.

Reaktionszeit bei Multiplexbetrieb:

Aus den Zeitverhältnissen der Rahmenstruktur ergibt sich eine Ansprechzeit von max. 80 ms (jede Adresse wird alle 80 ms angesprochen). Bei einer Multiplexrate von 4 erhöht sich diese Zeit selbstverständlich entsprechend um den Faktor 4 (ist aber mit 320 ms zB. für Weichen immer noch akzeptabel)

3.1.2 Richtung zur Zentrale

In dieser Richtung wird die Uhrzeit übertragen. Die Daten werden direkt auf die Datenleitung D dauernd eingespeist. Um diese dauernde Einspeisung zu gewährleisten muß ein LC2000 auf Master gestellt werden. Die Zentrale CC2000 nimmt die in diesem Kanal ankommenden Daten nicht an, sondern liefert immer die erweiterte Basisadresse (siehe oben). Die Uhrzeit wird in einem Multiplexformat gesendet, damit in nur einem Kanal Stunden und Minuten übertragen werden können.

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	Minuten 0 .. 59					
0	1	unused					
1	0	Stunden 0 .. 23					
1	1	unused					

Die Kanalbelegung ist

2 Multiplexkanäle sind noch nicht belegt (unused). Stunden und Minuten werden als Dualzahl übertragen

3.2 Kanal 110

3.2.1 Kanalbelegung

Dieser Kanal zeigt den aktuellen Systemstatus der Zentrale. Es sind derzeit lediglich 3 Systeme realisiert:

Bit.2..0	Systemanzeige
000	SelectRIX
001	Combi-Modus (1/2 SelectRIX - ½ Lenz)
011	"Lenz"
Rest	" ?? "

Die Umschaltung zwischen den Systemen erfolgt in den bis etwa Ende 97 ausgelieferten Geräten nur durch die Tasteneingabe an der Zentrale. Ab Ende 97 ausgelieferte Geräte können auch von extern über den Kanal 106 umgeschaltet werden. Dazu wird ähnlich wie bei der Einstellung (Programmierung) von Geräten, die am Bus betrieben werden (z.B. Funktionsdecoder) das Bit 5 im Kanal 106 gesetzt. Damit sind die Kanäle 106, 105 und 104 reserviert. Gleichzeitig wird im Kanal 106 die Kennung zur Programmierung der Zentrale eingegeben:

b.2=1, b.1=0, b.0=0 (siehe Kanalbelegung Kanal 106)

Mit der Aufforderung im Kanal 106 -> b.5=1, b.2=1 weiß die Zentrale, daß der Programmierwunsch an sie gerichtet ist. Der Wunsch, die Betriebsart zu ändern, erfolgt mit dem Setzen von Bit 7 im Kanal 105. Erkennt dies die Zentrale, schaltet sie das System um 1 weiter und setzt das Bit 7 im Kanal 105 wieder zurück. Die Ausgabe des aktuellen Systemzustandes erfolgt eben im Kanal 110 und dieser Zustand wird auch vom Handgeber, der die Änderung veranlaßt hat, angezeigt. Ändert sich also die Anzeige im Handgeber, weiß man, daß die Zentrale reagiert hat. Außerdem hat man durch diese Methode die Möglichkeit nur durch Änderung der Zentrale die Systemvariationen zu erhöhen. Erkennt der Handregler eine von der Zentrale ausgegebene Codierung nicht (diese war z.B. zur Auslieferung des Handreglers noch nicht vorgesehen), dann meldet er als System "??"

3.3 Kanal 109

3.3.1 Kanalbelegung

Bit.7	Ein/Aus der ZE (der Spannung am Gleis)
Bit.6	Programmer
Bit.5	'Ready' Bit - solange ein Vorgang läuft (zB. 'Lesen') ist dieses Bit auf '0'
Bit.4	Kurzschlußanzeige
Bit.3..0	Betriebszustandsanzeige
0000	Programmierung Betriebsmodus (SELECTRIX, NMRA etc)
0001	Lesen (derzeit nur SELECTRIX)
1000	Programmierung einer Lok 'intern' (nur durch Zentrale auf # 1..9)
1001	Programmierung einer Lok extern

Zur Betriebszustandsanzeige:

Diese Information wird von den Endgeräten nicht benötigt, da diese Geräte selbst den 'Aufruf' gestartet haben, und demzufolge wissen, welche betriebsart eingestellt ist. Diese Anzeige wird nur zum 'Mithören' durch andere Geräte benötigt (zB. vom Interface, damit es weiß, welcher Vorgang gerade abläuft)

3.4 Kanal 106

In diesem Kanal werden alle Anforderungen von Geräten übertragen. Es sind dies derzeit:

- Umstellung der Zentrale auf Programmiermodus (zur Programmierung von Loks)
- Umstellung einer Baugruppe (derzeit Funktionsdecoder FD2000 und Belegtmelder 2000 zur Einstellung der Parameter (zB. Adresse)

3.4.1 Derzeitige Kanalbelegung

bit 7	'do it'	Aufforderung zur Aktivität
bit 6	Programmer	Umschaltung der ZE in den Programmiermodus

bit 5 Geräte-Einstellung (z.B. Funktionsdecoder, Belegtmelder)
bit 4
bit 3 Programmieren (log '0' = Lesen)
bit 2..0 Betriebsart 3-stellig = 8 Möglichkeiten

3.4.2 Betriebsart mit b.6 = 1 ('Programmer')

Bit 2..0:	Modus	Anzeige CH2000	Erklärung
001	SELECTRIX	SEL	derzeit für alle SELECTRIX-Decoder
100	NMRA	Pag	Paged Mode (Stand: April 97)
101	NMRA	Reg	Register Mode

Die restlichen Kombinationen sind noch nicht vergeben.

Um die Zentrale auf 'Programmer' umzustellen ist ein kurzer 'Handshake'-Betrieb zwischen der Anforderungsstelle (LokControl, ControlHandy oder auch Interface) und der Zentrale erforderlich.

Folgender Ablauf findet statt:

- Setzen von Bit.6 im Handgeber (= Anforderung)
- die Zentrale quittiert sofort mit Bit.5 = log '0' im Kanal 109
- nach einiger Zeit quittiert die Zentrale mit Bit.6 = '1' (=Programmer) und Bit.5 = '1' (=Ready)

3.4.3 Betriebsart mit b.5 = 1 ('Einstellung Geräte')

Zur Programmierung der Zentrale (Umschaltung der Betriebsart zwischen Sx, Lz und Kombiniert), wird vom ControlHandy o.ä. Geräten das Bit 5 gesetzt und Bit 0-2 auf 1. Die Übergabe der Parameter erfolgt im Kanal 105.

Bit 2..0		
000	Funktionsdecoder	FD2000
001	Belegtmelder	BM2000
100	Zentrale	CC2000

Die Umschaltung der Baugruppe auf Programmierung wird durch Tastendruck auf der entsprechenden Baugruppe eingeleitet.

Kontrolle der Zulässigkeit der Programmierung:

Es wird kontrolliert, ob

- eine andere Baugruppe auf Programmierung steht (Bit.5, Kanal 106)
- ob die Zentraleinheit ausgeschaltet ist (Bit.7, Kanal 109)
- oder ob die Zentrale auf Programmierung steht (Bit.6, Kanal 106)

Sind alle Bedingungen erfüllt, so schaltet die Baugruppe in den Programmiermodus

Übergang auf Programmierung:

Ist die Baugruppe berechtigt, programmiert zu werden, so wird beim Übergang in den Programmiermodus

- im Kanal 106 das Bit 5 auf '1' gesetzt.

Während der Programmierung wird der Kanal 106 nicht mehr bedient, er wird nur beobachtet. (siehe Rücksprung)

Rücksprung auf Betrieb:

Der Rücksprung auf 'Betrieb' erfolgt entweder durch

- nochmaligen Tastendruck (dies ist der Normalfall). Damit wird auch das Bit.5, Kanal 106 zurückgenommen
- wenn die Zentrale eingeschaltet wird (Vorteil: man muß nur 1-mal unter die Anlage kriechen)
- wenn ein Anwender seine Loks programmieren will. In diesem Fall bedient der LC2000, der CH2000 oder das Interface dauernd den Kanal 106 und hat daher auch Vorrang (sonst gäbe es eine Bus-Kollision)

Programmierung von Baugruppen:

Die Übergabe der Parameter für die Programmierung von Baugruppen (z.B. Adresse des Funktionsdecoders, Belegtmelders etc.) erfolgt über die Kanäle 00-**. Dazu muß lediglich der entsprechende Kanal eingestellt werden.

Kanal	Funktionsdecoder	Belegtmelder
00	Adresse	Adresse
01	Impuls/Dauerausgang	Betriebsmodus
02	Rückmelde-Adresse	Versionsnummer
03	Impulszeit	
04	Versionsnummer *)	

*) noch in Ausarbeitung

Beispiel:

Übergabe der Adresse an einen Funktionsdekoder:

- Einstellung des LokControl2000 auf 'Funktion'
- Eintippen der Adresse = 00
- Übergabe der Funktionsdekoderadresse durch Einstellung der Bits 0..7 (im Binärcode)

z.B. / / / - - - - -
 1 + 2 + 4 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 Adresse = 07

3.5 Kanal 105 und 104

Diese Kanäle dienen bei der Programmierung bzw. Einstellung von Geräten zur Übermittlung der Parameter. Im normalen Betriebsfall dürfen diese Kanäle benutzt werden.

3.5 Kanal 105 bei Feineinstellung der Zentrale

Wird im Kanal 106 über b.5=1 und b.2=1 die Feineinstellung der Zentraleinheit angefordert, dann wartet die Zentrale auf eine Anforderung im Kanal 105. Diese Anforderungen sind Bit-orientiert und haben folgende Bedeutung:

b.7	Incrementiere Betriebsrat	(SelectRIX ® Combi-Modus ® Lenz usf.)
b.2	write Memory	(Abspeicherung der aktuellen Betriebswerte)
b.1	read Memory	(Aufruf der abgespeicherten Betriebswerte)
b.0	Clear Memory	(Reset alle Kanäle auf "0")

Das jeweilige Bit wird nur kurz vom anfordernden Gerät gesetzt, die Rücksetzung dieses Bits erfolgt durch die Zentrale mit der Abarbeitung des entsprechenden Befehls.

3.5 Kanal 105 bei bei SELECTRIX-Programmierung

Diese Kanäle sind entsprechend dem seriellen Auslesevorgang des Decoders codiert und haben folgende Bedeutung: Kanal 105 Kanal 104

3.5 Kanal 105 bei NMRA

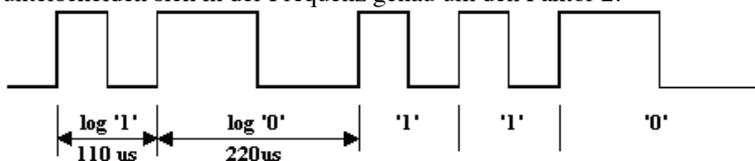
In diesem Modus wird im Kanal 105 die CV-Nummer (oder auch die Register-Nummer) übertragen. Die zu programmierenden Daten bzw. der Rücklesewert wird im Kanal 104 übertragen

Im Fehlerfall (beim Lesen) wird der Kanal 105 mit lauter log "1" belegt (dies entspricht keiner gültigen CV- oder Register-Nummer mehr).

4 Die Spannung am Gleis

4.1 Codierung bei NMRA/Lenz

Die meisten Digitalssysteme verwenden für die Codierung der Spannung am Gleis ein Verfahren, das in der Datenübertragung als 'Coded Diphase' Verfahren bekannt ist. Man kann dieses Verfahren auch als Frequenzcodierung bezeichnen. Die beiden Codierungen für die log '1' und die log '0' sind im Bild dargestellt, sie unterscheiden sich in der Frequenz genau um den Faktor 2.



Coded diphase Verfahren

Nimmt man an, daß in der Datenübertragung die log '1' und die log '0' etwa gleich häufig vorkommen, errechnet sich die mittlere Zeit für ein Datenbit zu 165 μs.

Der Vorteil

dieses Verfahrens liegt in der Zweistufigkeit des Signals, es ist damit in der Zentrale sehr leicht zu erzeugen.

Der Nachteil

liegt in der Zeitabhängigkeit (dies ist ja die Codierregel): Sowohl die Zentraleinheit als auch die Decoder dürfen

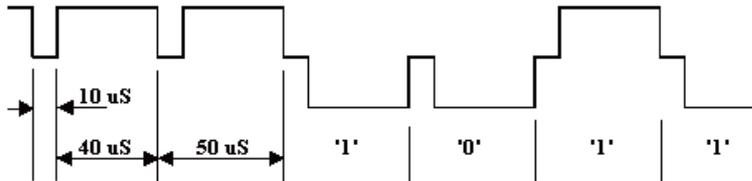
nur relativ geringe Frequenztoleranzen aufweisen. Während dies im Sender, der meistens einen quarzgesteuerten Mikroprozessor beinhaltet, von Haus aus gegeben ist, muß auch in den Decodern ein Quarz verwendet werden, was prinzipiell die Baugröße vergrößert und auch eine Vollintegration des Decoders ausschließt (dies ist besonders für die Zukunft ein schwerwiegender Aspekt!).

4.2 Die SELECTRIX Codierung

Die Codierung für das SELECTRIX System wurde speziell so entworfen, daß Takt, Daten und Betriebsspannung gleichzeitig über die Schienen übertragen werden, sodaß

1. keine Quarzstabilität erforderlich ist (der Takt wird mitübertragen!), und
2. eine besonders hohe Datenrate erreicht wird

Das Codierschema ist im Bild dargestellt



SELECTRIX Codierung

Ein Datenimpuls ist unabhängig von der Information (log '0' oder log '1') immer 50 µs lang. Er beginnt mit einer 10 µs langen Pause (diese Pause liefert den Takt), und danach einer 40 µs langen Spannungsperiode. Das Codierschema ist einfach:

- Gleiche Polarität log '0'
- Unterschiedliche Polarität log '1'

Der Vorteil

dieses Verfahrens liegt in der Zeitunabhängigkeit des Signals, es ist damit im Decoder ohne Zeitmessungen decodierbar. Auch für die Programmierung des Prozessors der Zentraleinheit ist dies günstig, da auch bei einer erheblich längeren Periodendauer die Information unverändert bleibt.

Der Nachteil

liegt in der 3-Stufigkeit des Signals: Die Zentraleinheit muß diesen 3. Zustand ermöglichen, was mit etwas Mehraufwand gegenüber der 2-Stufigkeit erkaufte werden muß.

Dieses Codierverfahren wird im übrigen auch von der Fa. Fleischmann bei der digitalen Mehrzugsteuerung FMZ verwendet, lediglich das Datenprotokoll ist gegenüber SELECTRIX unterschiedlich.

Ein typisches Signal

4.3 Die Ausgangsschaltungen

Die Ausgangsschaltungen haben sich im Laufe der Zeit geändert, sodaß auch die jeweiligen Gleissignale leichten Veränderungen unterworfen waren. Die den Empfängern zugeführte Spannung ist jedoch natürlich vom Wesen her gleichgeblieben (auch wenn sich Flankensteilheit, Symmetrie und Gleichtakt der Spannung etwas verändert haben). Es soll zunächst nur das Prinzip beschrieben werden.

5 Der Lokdecoder

5.1 Decodierung der Gleissignale

5.2 Motorregelung

5.2.1 Prinzip der Regelung

5.2.2 Die Regelkennlinie bei 31 Fahrstufen

Ideal für die Geschwindigkeitssteuerung einer Modellbahnlok wäre eine logarithmische Kennlinie, d.h. daß die Geschwindigkeitszunahme von einer Fahrstufe zur nächsten immer den gleichen prozentualen Betrag hat. Diese "ideale" Kennlinie kann jedoch nicht erreicht werden:

- Für die Fahrstufe 1 muß immer eine Mindestgeschwindigkeit festgesetzt werden (eine logarithmische Kennlinie erreicht niemals 0!)
- Die ideale logarithmische Kennlinie kann aus Realisierungsgründen nicht erreicht werden

Im Folgenden soll eine Kennlinie berechnet werden, deren Endgeschwindigkeit 100 mal so hoch ist wie die Anfangsgeschwindigkeit. Bei 31 Fahrstufen bedeutet dies:

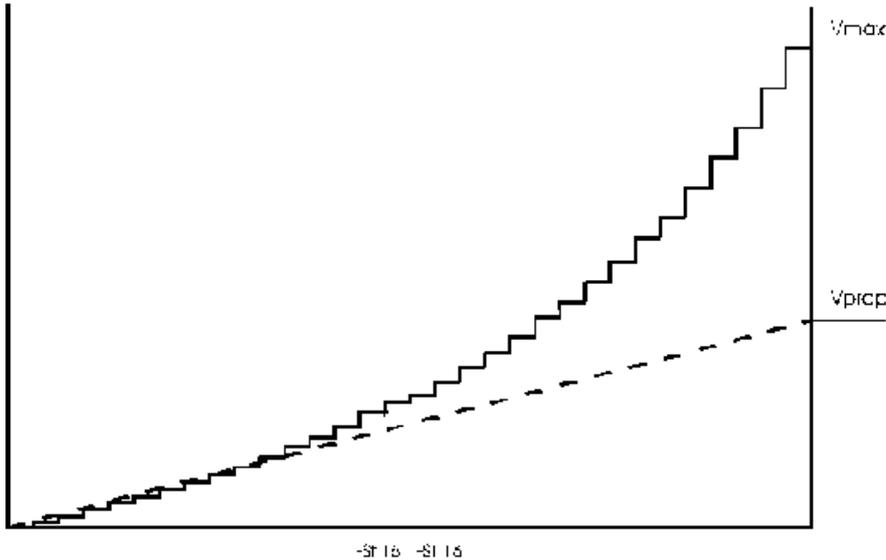
$$\begin{array}{l} \text{Fahrstufe 31} \qquad \qquad \qquad v_{\max} \\ \text{Fahrstufe 01} \qquad \qquad \qquad 1/100 v_{\max} \end{array}$$

Mit 31 Fahrstufen (dies entspricht 30 "Zwischenräumen") ergibt sich die ideale, logarithmische Stufung zu

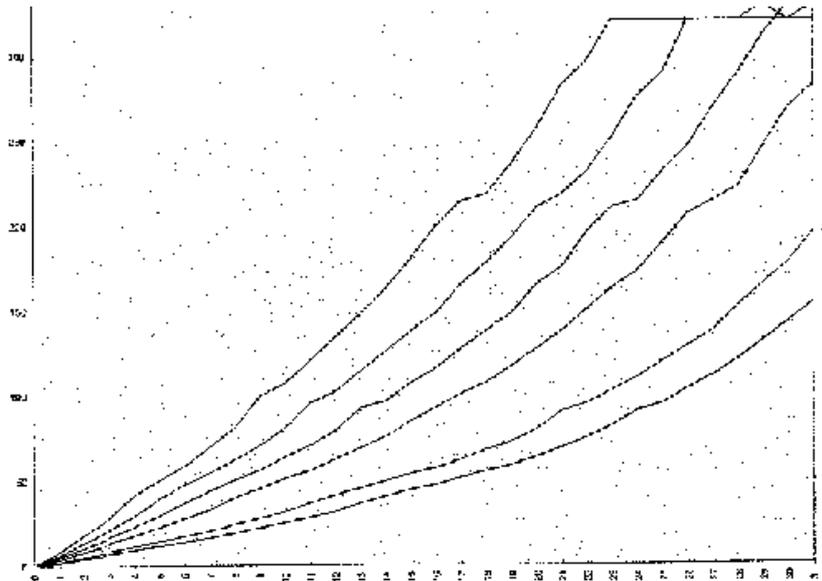
$$v_2 / v_1 = 100^{1/30} \quad (\text{dies ist die 30. Wurzel aus 100}) = 1,16$$

Damit ist die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen den Fahrstufen ca. 16%. Damit ergibt sich die im Beispiel a) dargestellte theoretische Kennlinie.

Bedingt durch Schwierigkeiten bei der Realisierung wurde abweichend von dieser theoretischen Kennlinie eine Kennlinie nach b) ausgeführt. Man kann jedoch auch hier erkennen, daß mit "nur" 31 Fahrstufen ein sehr feinfühliges Fahren ermöglicht wird. Eine Erhöhung der Fahrstufenzahl ist unsinnig. Lediglich eine Verbesserung der geringsten Geschwindigkeit (auf ca. 1/200) wäre sinnvoll, kann jedoch mit den derzeit gebräuchlichen Modellbahnmotoren nicht erreicht werden.



a) Kennline aus Computersimulation



b) Tatsächlich gemessene Geschwindigkeiten (aus Messprotokoll)

Erklärung der Kennlinien:

Bild a)

zeigt die bei der Computersimulation erhaltene Spannung, wie sie am Ausgang des D/A-Wandlers (im ASIC) entsteht. Theoretisch sollte die (bei perfekter Motorregelung) entstehende Geschwindigkeitskurve diesen Werten entsprechen. Aus dieser Kurve kann man sehr gut die nichtlineare Kennlinie erkennen. Aus dem Verhältnis zwischen proportionaler Spannung V_{prop} und der Maximalspannung V_{max} erkennt man den Effekt der Verfeinerung der Fahrstufen im unteren Bereich.

$$FST_{rangier} = FST31 * V_{max}/V_{prop}$$

Eine Geschwindigkeitsstufe im unteren Bereich entspricht ca. $1/72$ des Gesamtbereiches, d.h. daß im Rangierbetrieb ein feinfühliges Fahren gewährleistet ist.

Bild b)

zeigt die tatsächlich gemessenen Geschwindigkeitskurven, in denen zusätzlich jeweils die Höchstgeschwindigkeit als Parameter aufgenommen ist. Es sind 6 Kurven zu erkennen, die 7. Kurve ist beim einscannen "verlorengegangen" (diese Kurve war gelb geplottet). Sie liegt zwischen der 2. und der 4. Kurve.

Erklärungen zu den gemessenen Kurven:

Zunächst erkennt man, daß die Kennlinien bei zu groß eingestellter Höchstgeschwindigkeit "oben", also bei einer Maximalgeschwindigkeit anstoßen. Dies ist bedingt durch die zur Verfügung stehende Motorspannung (schneller geht's nicht).

Man erkennt außerdem eine geringe Welligkeit der Kurven. Dies wird hervorgerufen durch die Motor-EMK. Diese EMK ist ja keine Gleichspannung (dies wäre der Idealfall), sondern eine Gleichspannung mit einer relativ großen Welligkeit. Diese Welligkeit wird hervorgerufen durch die "Polfühligkeit" des Motors, sie ist je nach Motorkonstruktion mehr oder weniger groß. Und diese Welligkeit ergibt unterschiedliche Geschwindigkeitswerte: Mißt die Regelung gerade im Tal der EMK, dann ist sie gezwungen die Geschwindigkeit zu erhöhen, um den vorgegebenen Spannungswert des D/A-Wandlers zu erreichen. Wird die Spannung zufällig gerade am Höcker der Motor-EMK gemessen, dann vermindert sich die Geschwindigkeit. Diese Geschwindigkeitswelle ist also von der Drehzahl des Motors abhängig und nicht von der Fahrstufe (siehe Kurven: die Unstetigkeit ist immer bei derselben Geschwindigkeit, unabhängig von der einprogrammierten Höchstgeschwindigkeit, und damit der Fahrstufe)

Leider ist auch die Minimalgeschwindigkeit (bei Fahrstufe 1) nicht einzuhalten: Unterschreitet die Motor-EMK den durch die theoretische Spannungskennlinie vorgegebenen Wert, dann wird ein Impuls an den Motor

ausgelöst. Dieser Impuls beschleunigt den Motor (je kräftiger der Impuls = Impulsbreite im Programmierer, desto stärker die Geschwindigkeitszunahme). Die tatsächliche Geschwindigkeit liegt also immer über dem vorgegebenen rechnerischen Spannungswert. Die in der Praxis erreichten Werte sind jedoch als sehr gut zu bezeichnen, sie sind eine Folge nicht nur der guten Regelcharakteristik, sondern auch des, der Regelung überlagerten, PWM-Prinzips (siehe Erklärung dort).

5.3 Der Auslesevorgang

5.3.1 Der Auslesevorgang bei NMRA und Lenz

Soll bei einem nach diesem Verfahren gebauten Empfänger ein Wert ausgelesen werden (z.B. die Loknummer), so erfolgt dies nach einem sehr primitiven (und langwierigen) Verfahren, das auch nur im Zusammenwirken mit der Zentrale arbeitet. Die Funktion ist folgende:

- Es wird ein Befehl an den Lokdecoder gegeben um in den sogenannten 'service mode' umzuschalten.
- Dann wird der auszulesende Parameter in den Decoder eingelesen (z.B. # 01 für die Lokadresse, # 02 für die Anfahrspannung usw).
- jetzt wird eine Zahl, die letztendlich dem Wert (also z.B. der Loknummer) entsprechen soll, übertragen.
- Stimmt die Zahl mit dem intern gespeicherten Wert überein, so meldet dies der Lokdecoder mit einem kurzen Stromimpuls (kurzzeitige Ansteuerung der Motortreiber).
- Um eine Loknummer zwischen 01 und 99 zu erkennen, müssen also von der Zentrale der Reihe nach alle Nummern aufgerufen werden, und zwar so lange, bis der Dekoder die Nummer mit einem Stromimpuls quittiert. Diese Nummer ist dann der aktuelle Wert.

Daß dies ziemlich umständlich ist, erkennt man aus der obigen Beschreibung des Verfahrens.

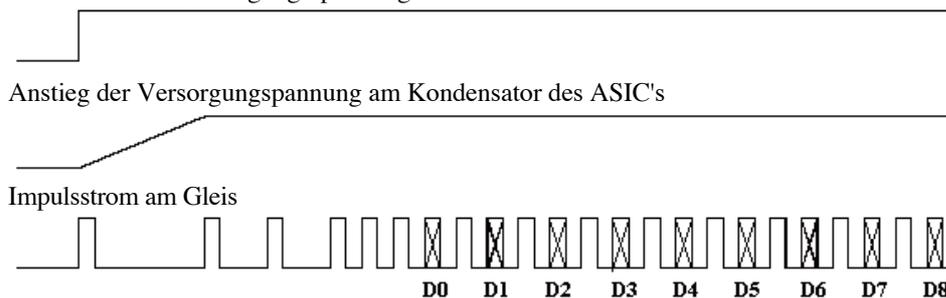
Da die Reaktionszeit auf eine Nummer ca. 20 .. 30 ms beträgt, kann der Vorgang zum Auslesen eines Wertes bis zu 3 sec dauern.

Zur Vermeidung einer Fehlmessung des Impulsstromes muß in beiden Polaritäten des Ausgangssignals gemessen werden: Durch einen Programmierfehler bedingt, wird das Licht am Decoder eingeschaltet. Der Lichtstrom würde einen Motorstrom simulieren, der zu einer Fehlmessung führt. Da die Lichter normalerweise am Chassis, und damit an einem Pol der Gleise angebracht sind, fließt bei Einschaltung des Lichtes zwar bei einer Polarität des Ausgangssignals Strom, nicht jedoch bei der anderen. Der Motorstrom hingegen fließt bei beiden Polaritäten.

5.3.2 Der Auslesevorgang bei SELECTRIX

Zum Unterschied vom Verfahren bei NMRA und Lenz meldet der Lokdecoder beim jedem Einschalten der Versorgungsspannung automatisch jedesmal seine Adresse und auch seine eingestellten Parameterwerte. Es wird dazu ein spezielles Verfahren verwendet, das über die Stromaufnahme am Gleis funktioniert. Dies ist in den nachfolgenden Bildern beschrieben

Einschalten der Versorgungsspannung



Erklärung zu den Kurvenverläufen:

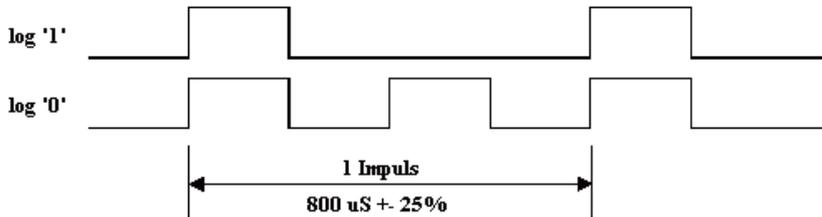
Das Einschalten der Versorgungsspannung führt zu einem Spannungsanstieg am Kondensator der Versorgungsspannung des ASIC's. Ist die Betriebsspannung des ASIC's erreicht (diese ist bei ca. 3,5V der Fall), beginnt der Auslesevorgang der intern gespeicherten Information. Vor diesen Ausleseimpulsen ist noch ein kleiner Stromimpuls direkt beim Einschalten der Gleisspannung zu beobachten, der durch den Ladevorgang des Kondensators hervorgerufen wird.

Folgende Codiervorschrift für den Impulsstrom des Auslesevorgangs wird angewendet:

- Der Impulszug besteht aus einem Grundrahmen von Impulsen die jeweils ca. 200 μ s lang sind, im Abstand

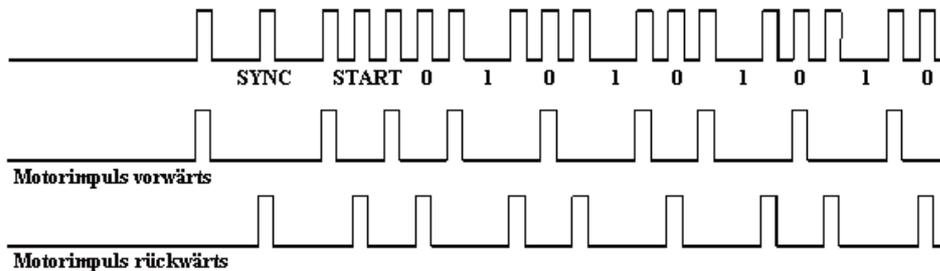
- von ca. $800 \mu s$
- Beim Auftreten einer log '0' wird zwischen den Impulsen des Grundrahmens jeweils mittig ein Impuls von ca. $200 \mu s$ Länge eingefügt
- Nach dem Einschaltvorgang erfolgt zunächst eine Synchronisierung, bestehend aus '1' + '1' + '0', anschließend die Ausgabe der Daten

Codierung der Auslesedaten



Im folgenden Bild ist ein Datensatz mit $D0=0, D1=1, D2=0$ usw. angenommen. Die Impulse werden durch Ansteuerung des Motors erzeugt (damit Strom fließt) Damit sich der Motor bei diesem Auslesevorgang nicht bewegt, werden die Impulse abwechselnd in Richtung 'vorwärts' und in Richtung 'rückwärts' abgegeben (siehe Bilder Motorimpulse). Die Stromimpulse am Gleis sind ja die Addition der 'vorwärts' und 'rückwärts' Impulse und liefern wieder den gewünschten Gesamtimpulszug.

Angenommener Impulsstrom $D0=0, D1=1, D2=0$, usw.



Es werden 16 Bits ausgelesen, die folgende Bedeutung haben:

D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15
A0n	A1n	A2n	A3n	A4	A5	A6	I0	I1	I2	B0	B1	B2	V0	V1	V2
V2, V1, V0				Höchstgeschwindigkeit											
B2, B1, B0				Beschleunigung											
I2, I1				Impulsbreite des Motorimpulses											
I0				1 / 2 - Halteabschnitte											
A6, A5, A4				Kanalnummer											
A3n, A2n, A1n, A0n				Basisadresse (invertiert)											

5.3.3 Prozessorverarbeitung des Ausgangssignales

Die Schwierigkeiten beim Auslesen des Signals sind die, bedingt durch die Technologie, stark streuenden Zeiten des Auslesesignals. Dieses Signal kann in der nominalen Periode abweichen, und zwar von ca. $500 \mu s$ bis ca. $1200 \mu s$

Ein kleiner Trick bei der Programmierung löst dieses Problem. Der Impulsstrom beim Auslesen beginnt mit $2 \cdot \log "1"$, gefolgt von einer $\log "0"$. Dabei wird die 1. $\log "1"$ zum Einsynchronisieren verwendet, die 2. $\log "1"$ liefert die "Normalzeit eines langen Impulses. Die Entscheidung, ob im Impulszug eine $\log "0"$ oder eine $\log "1"$ auftritt, liegt dann bei genau $3/4$ dieser Meßzeit.

Um sich großartige Rechenarbeiten zu ersparen, erfolgt die Messung der "Normalzeit" mit einer Zyklusperiode von 8 (Prozessorschritten), d.h. der Meßwert ist die "Normalzeit" geteilt durch 8 Prozessorschritte (im realisierten Fall sind dies $8 \mu s$). Die Auswertung erfolgt mit einer Zyklusperiode von 6. Schritten. Damit hat man erreicht, daß der Diskriminationswert genau dem Wert der Normalzeit entspricht, und es nur zu einem größer/kleiner Vergleich kommt. Das folgende Programmbeispiel zeigt dieses Verfahren:

```

Ermittlung der Normalzeit
le_mes:  clr    a          ;
le_me1:  add    a,#1      ;

Ermittlung des Meßwertes
le_d1p:  clr    a          ;
le_m11:  add    a,#1      ;

```

```

nop          ;          nop          ;
nop          ;          jc          le_err   ;
nop          ;          jnb         p2.6,le_me1 ;
jc          le_err   ;
jnb        p2.6,le_me1 ;

```

Zeitmessintervall jeweils mit 8 cy

5.3.4 Datenaufbearbeitung

5.4 Die Programmierung

Die elektronisch programmierbaren Lokdekoder 66830 ff können immer wieder mit neuer Information überschrieben werden. Um den Programmiervorgang zu verstehen ist es zunächst erforderlich etwas auf die technologischen Bedingungen im Decoder (genauer gesagt im ASIC des Decoders) einzugehen.

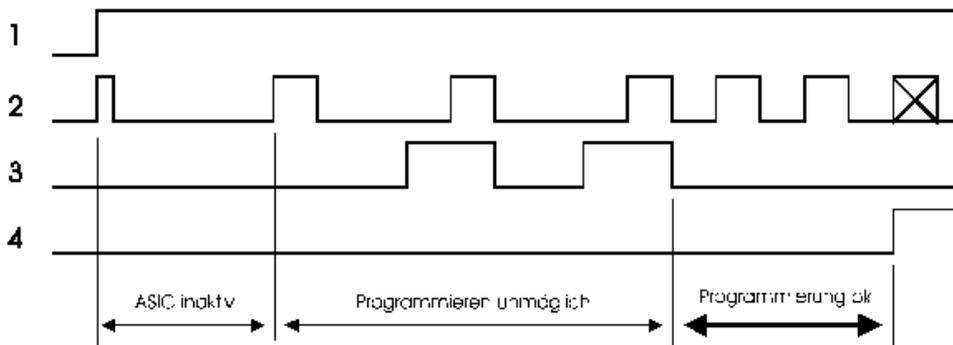
5.4.1 EEPROM im ASIC

Zum Verständnis des Programmieralgorithmus muß zunächst auf die Technologie des nichtflüchtigen Speichers eingegangen werden.

Die E2Prom Technologie der Firma eurosil® sieht eine Schieberegisteranordnung vor, wobei jeder Schieberegisterstufe ein nichtflüchtiger Speichertransistor zugeordnet ist. Das Schieberegister kann ganz normal über die Logik geladen werden. Beim Einschalten der Versorgungsspannung ist jedoch zu beachten, daß zunächst das Schieberegister (mit dem Impuls SET) gesetzt wird und danach (mit dem Impuls READ) durch den nichtflüchtigen Inhalt des Speichertransistors eventuell wieder zurückgesetzt wird. Die Anordnung einer Speicherzelle ist der folgenden Zeichnung zu entnehmen, die Signale, die für SET/READ generiert werden, dem nachfolgenden Zeitdiagramm.

Bild: EEPROM Struktur fehlt

Bild: Zeitdiagramm



- Zeichenerklärung
- 1 Einschalten der Versorgungsspannung
 - 2 Stromimpulse wie beim Auslesevorgang
 - 3 SET / READ Impulse des EEPROMs im ASIC intern
 - 4 3,2ms Impuls (deaktiviert Programmiermöglichkeit)

Beschreibung:

ASIC inaktiv Zunächst ist der ASIC noch nicht aktiv. Die interne Stromversorgung, die einen Kondensator beinhaltet, muß erst einen bestimmten Wert (ca. 3,5 V erreichen). Dies ist nach ca. 1 .. 5 ms der Fall (je nach Versorgungsspannung und Toleranzen).

Programmierung unmöglich In diesem Bereich hat es noch keinen Sinn, das Schieberegister des EEPROMs zu laden, da es ohnehin wieder mit dem gespeicherten Signal überschrieben wird. Dieses Überschreiben erfolgt bei Set/Read.

Programmierung Nur in diesem Bereich kann das Schieberegister geladen werden, da mit Ablauf der 3,2ms (siehe Signal 4) ein Laden des Schieberegisters verhindert wird

Durch die interne Struktur der Speicherzelle bedingt, muß beim Einschalten der Versorgungsspannung zunächst die Speicherzelle auf "log"1" gesetzt werden (Signal SET), danach kann erst die Information aus dem Speichertransistor übernommen werden (Signal READ). Solange das EEPROM noch mit der Übernahme der Daten aus dem Speichertransistor beschäftigt ist, dürfen dem Schieberegister natürlich keine Daten zugeführt werden.

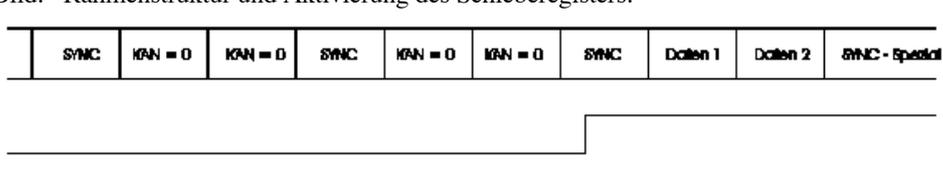
5.4.2 Programmier - Impulsfolge

Der Eingangsteil des ASIC's muß zwischen normaler Datenübertragung und Programmierung unterscheiden können. Außerdem darf im normalen Betriebsfall keine Möglichkeit bestehen, den ASIC umzuprogrammieren. Dies wird dadurch erreicht, daß

1. der ASIC ca. 3,2 ms nach dem Aktivwerden (erkennbar am 1. Ausleseimpuls) nicht mehr auf Programmierung umschalten kann (das Schieberegister kann nicht mehr geladen werden)
2. der Programmierbefehl eine eigene Rahmenstruktur besitzt, die in der normalen Übertragung nicht vorkommt

Die Rahmenstruktur des Programmierbefehls ist dem folgenden Bild zu entnehmen, in der auch zeitmäßig die Umschaltung des Schieberegisters zu erkennen ist.

Bild: Rahmenstruktur und Aktivierung des Schieberegisters:



Im normalen Betriebsfall besteht ein Grundrahmen aus einer Synchronisierung und 7 Datenkanälen. Soll auf Programmierung umgeschaltet werden, dann wird ein Rahmen mit einer Synchronisierung und nur 2 Datenkanälen (mit beliebigem Inhalt, normalerweise K=0) angewendet. Werden 2 aufeinanderfolgende "kurze" Rahmen erkannt, erfolgt mit der nächsten Synchronisierung die Umschaltung des Schieberegisters auf Übernahme der Daten (damit werden die aus dem nichtflüchtigen Speicher geladenen Daten überschrieben, der Speicher wird jedoch noch nicht programmiert). Dieser Vorgang muß innerhalb von 3,2 ms abgeschlossen sein, da sonst ein intern ablaufendes Zeitglied die Aktivierung der Umschaltung verhindert. Es müssen also 7 Kanäle (siehe obiges Bild) innerhalb von 3,2 ms (besser aus Toleranzgründen innerhalb von 2,4 ms) übertragen werden. Da 1 Kanal wie auch bei normalem Betrieb aus 12 Bit besteht, muß mit verkürzten Datenbits gearbeitet werden. Ein Datenbit bei der Programmierung darf max. sein:

$$t_{\text{Bit}} = 2,4 \text{ ms} / (7 * 12) = 28 \mu\text{s}$$

Empfohlen wird ein Datenbit mit 12 μs Impuls und 8 μs Pause.

Ist die Aktivierung des Schieberegisters erfolgt, hat man beliebig Zeit. Um nicht mit dem internen READ-Impuls zu kollidieren, wird am Besten nach der Aktivierung des Schieberegisters eine kleine Pause (10 ms) eingelegt (die Zeiten im ASIC streuen technologiebedingt sehr stark).

Man kann die Impulsfolge auch leicht an dem realisierten Programm erkennen:

```

;-----;
; Pg-Sx: Programmierzyklus ;
;-----;
z_pzyk:  acall z_pvon      ; Sync auf 1. @EN
          ;
          acall z_p1d1    ; Vorspann, damit
          acall z_p1d1    ; das 1. Sync richtig
          acall z_p1d0    ; erkannt wird
          acall z_p1d0    ;

```

```

    acall z_p1d0      ;
    acall z_p1d1      ;
    acall z_p1d1      ;
    acall z_p1d1      ;
    acall z_p1d1      ;
    ;
    acall z_psyn      ;
    acall z_p1k0      ;
    acall z_p1k0      ;
    acall z_psyn      ;
    acall z_p1k0      ;
    acall z_p1k0      ;
    acall z_psyn      ;
    ;
    acall ti_10m      ; Dateneingabe:
    acall z_paus      ; aus r6 und r7
    acall z_p1d0      ; entspricht Sync:
    acall z_p1d0      ; 3 * 0
    acall z_p1d0      ;
    acall z_p1d1      ;
    acall z_p1d1      ;
    acall ti_25m      ; 25 ms für Programmierung
    orl p1,#0e0h      ; Spannung aus
    ret                ;
    ;

```

Dabei bedeuten:

z_pvon	Einschalten der Spannung mit Wartezeit auf 1. Leseimpuls
z_p1d0	1 Impuls D = "0"
z_p1d1	1 Impuls D = "1"
z_psyn	kompletter sync-Kanal 0 0 0 1 1 1 0 0 1 0 0 1
z_p1k0	kompletter Leerkanal 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1
z_paus	2 Datenkanäle d d 1 d d 1 d d 1 d d 1 d d 1 d d 1 d d 1
t_10ms	Wartezeit 10 ms
t_25ms	Wartezeit 25 ms

Es ist ganz wichtig, die Impulsfolge nach der Wartezeit von 10 ms genau einzuhalten, da sonst keine Programmierung erfolgt (der Programmierimpuls wird nur ausgelöst, wenn das externe Synchronisiersignal mit dem internen erzeugten Synchronisiersignal, das zeitmäßig etwas verzögert ist, übereinstimmt).

6 Gerätebeschreibungen

6.1 Central Control 2000

6.1.1 Allgemeines

6.1.2 Der Prozessorteil

6.1.3 Die BUS-Signale

6.1.4 Die Ausgangsschaltung

6.1.5 Die Kurzschlußsicherung

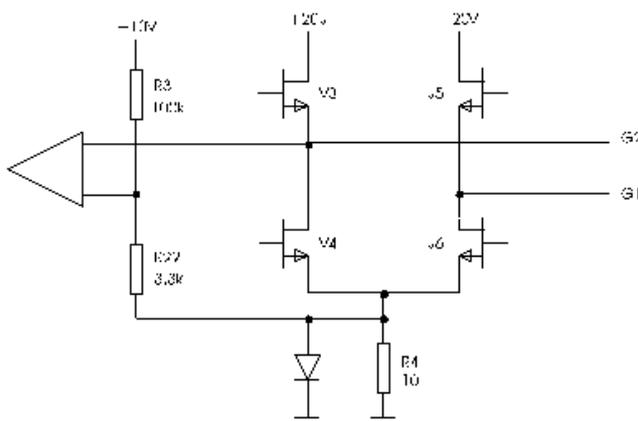
Die Kurzschlußsicherung besteht aus einem Schwellspannungsvergleich, der die Ansprechschwelle des Stromes festlegt, und einem Zeitglied, das erstens kurzzeitige Überbelastungen (im Bereich von ca. 5 ms) überbrückt, und

außerdem für eine ständige Wiederholung des Einschaltvorganges sorgt, so daß beim Aufheben des Kurzschlusses sofort wieder die volle Ausgangsspannung zur Verfügung steht.

Dimensionierung der Stromansprechschwelle:

Der Strom muß in einem Meßwiderstand in eine Spannung umgewandelt werden, danach wird diese Spannung mit einem vorgegebenem Wert in einem Komparator verglichen. Um keine zusätzliche Verlustleistung zu erzeugen und zudem eine wirksame Sicherung der Ausgangstransistoren gegen Überlast zu haben, wird gleich der Innenwiderstand der MOSFet-Ausgangstransistoren als Meßwiderstand benutzt.

Die prinzipielle Schaltung ist dem folgenden Bild zu entnehmen, in dem auch die entsprechenden Schaltungswerte eingetragen sind.



Die gegenwärtige Dimensionierung ergibt folgende Schaltschwelle:

$$U_s = (10V - 0,8 V) * 3,3k / (3,3k + 100k) = 294 \text{ mV} \quad (\text{also rund } 300 \text{ mV})$$

Anm: Die 0,8 V entsprechen der Diodenspannung

Mit einem Innenwiderstand der MOSFET-Transistoren von 0,12 Ohm (= BUZ71A) ergibt sich ein Abschaltstrom von 2,45 A. Zu beachten ist hierbei jedoch noch, daß mit dem Codierverfahren nach SELECTRIX (siehe Kapitel 4.2) lediglich 40 μ s Impulse auf die Gleise abgegeben werden, gefolgt von einer Pause mit 10 μ s. Mißt man daher den Strom in der Gleichspannungszuleitung zur Ausgangsschaltung, so beträgt der Strom, bei dem die Sicherung anspricht:

$$I_{\text{nutz}} = I_k * 40 \text{ us} / 50 \text{ us} = 1,96 \text{ A} \quad (\text{also rund } 2 \text{ A})$$

Mit entsprechenden Ausgangstransistoren, die einen geringeren Innenwiderstand aufweisen (z.B. BUZ10 = 0,08 Ohm oder BUZ11 = 0,04 Ohm) könnten höhere Kurzschlußströme - und damit eine größere Leistung - auf die Schienen abgegeben werden.

Dimensionierung der Zeitglieder:

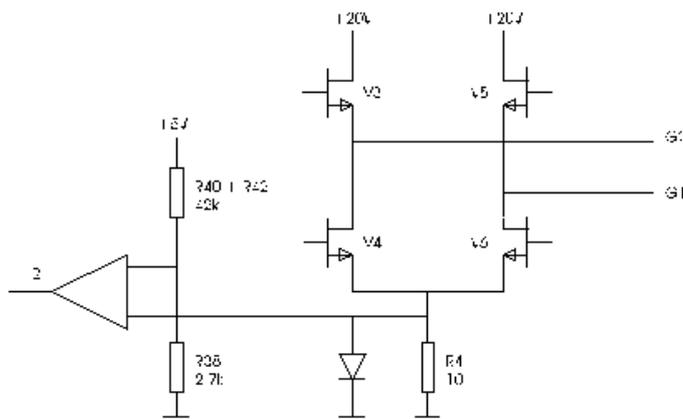
6.1.5 Das Lesen der Lokdaten

Der Programmier- und der Lesevorgang sind impulsmäßig bereits im Kapitel über die Lokdekoder beschrieben. Es wird hier lediglich die zur Erzeugung des Ausgangssignals und zur Dekodierung der vom Dekoder gelieferten Stromimpulse benötigten Schaltungsteile genauer beschrieben.

Das Lesen der Decoderinformation (nach dem SELECTRIX-Verfahren) beginnt mit dem Einschalten der

Gleichspannung. Dazu wird das eine Gleis mit +20V beaufschlagt, das andere Gleis auf 0V gehalten. Nach einem kurzen Einschaltstromimpuls, der von der Kondensatorladung des Decoders herrührt, erfolgt die Abgabe des Impulszuges des Decoders. Dazu muß in der Zentraleinheit ein Stromkomparator vorgesehen sein (siehe Schaltbild), dessen Schwelle auf ca. 30 mA eingestellt ist, so daß auch bei den Motoren mit der geringsten Stromaufnahme eine ausreichende Sicherheit zur Erkennung der Impulse vorhanden ist.

Das Schaltbild ist im folgenden Bild im Prinzip dargestellt.



Mit der Ansteuerung der Transistoren V4 und V5 ergibt sich die erwähnte Gleichspannung am Gleis, der Strom fließt von +20V über V5, den angeschlossenen Lokdecoder, V4 und den Meßwiderstand R4 nach 0V. Die dem Meßwiderstand parallelgeschaltete Diode begrenzt die Spannung an R4 auf max. 800 mV.

Die Schaltschwelle des Komparators berechnet sich zu:

$$U_s = +5V * R_{38} / (R_{40} + R_{42} + R_{38}) = 300 \text{ mV}$$

Mit dem Meßwiderstand R4 = 10 Ohm und 300 mV Schaltschwelle ergibt sich eine Schaltschwelle für den Strom von 30 mA.

Trick: Man hört an dem kleinen "Piepser", den der Motor durch die Ansteuerung mit den Leseimpulsen erzeugt, ob der Auslesevorgang richtig funktioniert hat.

6.1.5 Das Programmieren von Lokdaten

Der Programmier- und der Lesevorgang sind impulsmäßig bereits im Kapitel über die Lokdecoder beschrieben. Es wird hier lediglich die zur Erzeugung des Ausgangssignals und zur Dekodierung der vom Dekoder gelieferten Stromimpulse benötigten Schaltungsteile genauer beschrieben.

6.2 Power Pack 2000

6.2.1 Allgemeines

6.2.2 Die Ausgangsschaltung

6.2.3 Die Kurzschlußsicherung

Die Kurzschlußsicherung soll bei einem bestimmten Strom (derzeit ca. 2,5 A) relativ schnell abschalten, damit Fahrzeuge, die durch eine Entgleisung den Kurzschluß hervorrufen, durch einen zu hohen und vor allem durch einen zu lange andauernden Kurzschlußstrom nicht beschädigt werden (die Zerstörungsarbeit ist proportional zu Strom * Zeit)

Schaltschwelle:

Die Feststellung, wie groß der Strom ist, bzw. ob er die Schwelle des "Kurzschlußstromes" überschritten hat,

erfolgt über den Innenwiderstand der MOSFet-Ausgangstransistoren V4 und V6 (siehe Schaltung). Der Ausgangsstrom liefert über den Kanalwiderstand der Transistoren einen Spannungsabfall, der mit einem vorgegebenen Schwellwert verglichen wird. Wird dieser Schwellwert überschritten, spricht mit einer gewissen Zeitverzögerung die Kurzschlußsicherung an und schaltet die Ausgangsschaltung hochohmig. Der Vorteil dieser Meßmethode über die Innenwiderstände der Transistoren liegt darin, daß

1. kein zusätzlicher Meßwiderstand benötigt wird, (wobei in diesem Widerstand wieder zusätzliche Leistung verbraten wird) und
2. bei verbesserten Daten der Leistungstransistoren sofort (ohne Umdimensionierung der Restschaltung) eine erhöhte Leistung zur Verfügung steht

Dimensionierung der Stromschwelle

Die Schwellspannung wird über die Widerstände R2, R3 und R4 eingestellt, abgeleitet aus einer Zenerdiodespannung von 10 V. Der derzeit verwendete Ausgangstransistor (BUZ71A) hat einen typischen Kanalwiderstand Rk von 0,12 ?

$$U_s = U_{sz} * R_4 / (R_2 + R_3 + R_4) = 10 * 3,9 / (82 + 22 + 3,9) = 361 \text{ mV}$$

$$I_k = U_s / R_k = 2,4 \text{ A}$$

Zeitsicherung

In der Kurzschlußstromüberwachung ist eine Zeitsicherung eingebaut, die kurzzeitige Kurzschlüsse überbrückt. Dies ist nötig, da sich ja die einzelnen Motorimpulse des öfteren überlagern und nicht sofort bei jeder derartigen Überlagerung die Sicherung abschalten soll. Auch soll beim erstmaligen Einschalten der Gleisspannung (zu diesem Zeitpunkt müssen alle Kondensatoren der Lokdecoder geladen werden) nicht sofort die Sicherung ansprechen.

In der Zeitsicherung ist auch ein Verhältnis zwischen Ein/Ausschalten realisiert um eine Überlastung der Ausgangstransistoren zu verhindern (im Kurzschlußfall liefern die Ausgangstransistoren bis zu 20A, es muß ihnen also eine entsprechend lange Ruhepause gegönnt werden, um sich wieder abzukühlen). Dies führt im Kurzschlußfall zu einem "Pumpen" (Flackern der Leuchtdiode) im Ein/Ausschaltverhältnis. Nach Beseitigung des Kurzschlusses wird sofort wieder der Normalbetrieb aufgenommen.

Zur Dimensionierung:

Das Integrationsverhalten (für die Motorimpulse) wird über den Kondensator C7 eingestellt (nach Umdimensionierung = 100nF), die Wiederholrate mit C8 (nach Umdimensionierung = 1 µF). Damit werden folgende Werte erreicht:

$$\text{Integrationszeit} = 5 \text{ ms}$$

$$\text{Wiederholzeit} = 500 \text{ ms}$$

6.3 Translator

7 Troubleshooting

7.1 Verdrahtung

7.1.1 Verdrahtung des Bussystems

Das Bussystem ist für Längen von ca. 100 - 200 m ausgelegt. Bei großen Längen ist jedoch auf eine sorgfältige Verdrahtung zu achten. Am einfachsten ist es bei relativ großen Abschnittslängen ein geschirmtes Kabel zu verwenden. Dieses braucht nur 4-polig zu sein, die Betriebserde wird über die Schirmwicklung verdrahtet (man hat dadurch auch gleichzeitig einen relativ großen Querschnitt der Betriebserde)

Bei größeren Längen des Bussystems ist auf folgendes zu achten

- Wahl eines großen Querschnittes für die Betriebserde
- Bei Einzelverdrahtung oder nicht geschirmtem Buskabel darauf achten, daß die Busleitung nicht direkt mit anderen Leitungen (speziell den Zuleitungen zum Gleis) in einem Kabelbaum läuft

- Bei großer Belastung des Buskabels ist eine sternförmige Verdrahtung einer ringförmigen (oder seriellen) Verdrahtung vorzuziehen

7.1.2 Anlagenverdrahtung für Profis (SELECTRIX Bus)

Die einfachste und zugleich beste Anlagenverdrahtung ist bei den "Spielbahnern" aus Gründen der Sicherheit (VDE) nicht erlaubt. Es ist dies die Versorgung der ganzen Anlage durch nur ein einziges Gleichstromnetzteil, das bei Elektronikhändlern billig zu erwerben ist (z.B. 18V, 10A).

Die Einspeisung der Gleichspannung erfolgt zwischen Betriebserde (Pin 2 des Rundsteckers) und der Busspannung +B (Pin 3 des Rundsteckers) des SELECTRIX-Bus. Diese Einspeisung hat den Vorteil, daß die Stromstärke im Bussystem nicht mehr limitiert ist, sondern nur durch das gekaufte Netzteil bestimmt wird. Es muß dann selbstverständlich darauf geachtet werden, daß die Sicherheit bei einem allfälligen Kurzschluß erhalten bleibt (z.B. Absicherung von einzelnen Sektionen durch PTC-Widerstände oder normale Glasrohrsicherungen), und nicht die ganze Anlage abbrennt.

Durch diese Einspeisung erfolgt die Versorgung der Zentraleinheit CC2000 von "hinten" (also vom Bus aus), sie benötigt deshalb keine Versorgungs-Wechselspannung mehr. In dieser Anordnung könnten auch alle Zusatzgeräte, die eine eigene Versorgungsspannung benötigen (z.B. Funktionsdecoder, Translator, PowerPack etc.) vom Bus aus versorgt werden, wenn jeweils ein Versorgungsspannungseingang des Gerätes mit +B verbunden wird. Die Versorgungsspannung wird damit von +B über eine im Gerät befindliche Gleichrichterdiode geführt, die Betriebserde ist ohnehin verbunden.

- Zu beachten ist bei dieser Anlagenverdrahtung lediglich, daß für den SELECTRIX-Bus eine sehr starke Erdleitung verlegt wird, da auch die Ströme der Verbraucher (Weichen, Beleuchtungen etc.) über die Versorgungsspannungsleitungen des Bussystems zugeführt werden, und der zulässige Spannungsabfall bei der Betriebserde maximal 0,5 Volt beträgt.

7.1.3 Verdrahtung des Belegmelders

Bei schlechter Verdrahtung der Zuleitungen vom Belegmelder zu den einzelnen Belegungsabschnitten (im folgenden nur Zuleitung genannt) kann es zu Fehlmeldungen in der Belegung kommen. Diese sind immer dergestalt, daß ein an sich freier Abschnitt als 'belegt' gemeldet wird (nie jedoch zumgekehrt, nämlich daß ein belegter Abschnitt als 'frei' gemeldet wird).

Die Leitung von der Zentrale zum Belegmelder ist unkritisch. Diese Leitung wird ganz niederohmig von der Zentrale betrieben. Nicht jedoch die einzelnen Leitungen, die zu den Belegungsabschnitten führen. Diese Leitungen sind im Belegmelder relativ hochohmig mit der Zuleitung verbunden, um für die Belegungsmessung entsprechende Empfindlichkeit zu erreichen. Dies bedeutet jedoch gleichzeitig, daß diese Leitungen auch für Störungen relativ empfindlich sind.

Die Störungen werden kapazitiv eingekoppelt. Dies bedeutet: Die Störung wird umso kräftiger eingekoppelt, je länger die Zuleitung mit der störenden Leitung parallel verläuft und je geringer der Abstand der Zuleitung zur störungsführenden Leitung ist. Bei geringen Längen der Zuleitung (< 50 cm) sind noch keine Störungen zu erwarten. bei größeren Zuleitungslängen sollten folgende Verdrahtungsregeln beachtet werden.

- keine Parallelführung mit störenden Leitungen (Abstand von diesen Leitungen mindestens 5 cm)
- eventuell geschirmte Zuleitungen

8 Betriebserfahrungen

Die SELECTRIX-Steuerung ist besonders für professionelle Anlagen geeignet, da sich das System durch besondere Betriebssicherheit auszeichnet, auch bei großen Datenmengen. Durch die starre Übertragung aller Kanäle mit höchster Geschwindigkeit ist die Reaktionszeit auf Befehle immer gleich, ganz egal ob nur 1 Lok gesteuert wird, oder 100. Dies zum Unterschied vom "kompatiblen" NMRA-System (System Lenz), das bei größer werdender Befehlsfolge immer schlechter funktioniert.

Selbstverständlich ist für eine professionelle Steuerung einer Anlage durch einen Computer nur mit SELECTRIX möglich, da nur dieses System die kurze Reaktionszeit mit der ausgezeichneten Regelung der Lokgeschwindigkeiten vereint. Denn nur damit ist eine Berechnung der von der Lok zurückgelegten Strecke (vom Eintritt in einen bestimmten Belegmelderabschnitt) möglich. Die Position der Lok kann somit ganz genau ermittelt werden, ein unbedingtes "Muß" für eine professionelle Computersteuerung.

zurück zur [Homepage](#)