

Kassettenaufzeichnungsverfahren und deren Eigenschaften

Jens Müller, 21.09.2024

Motivation

- Persönliche Erfahrungen mit mit Z1013- und KC-BASIC-Kassettenaufnahmen am realen Z1013
- Erfahrungen bei der Entwicklung und Anwendung der Emulatoren J1013, JKCEMU und JTCEMU
- Ergebnisse bei der Entwicklung und Anwendung von JKCLOAD

Modulationsverfahren

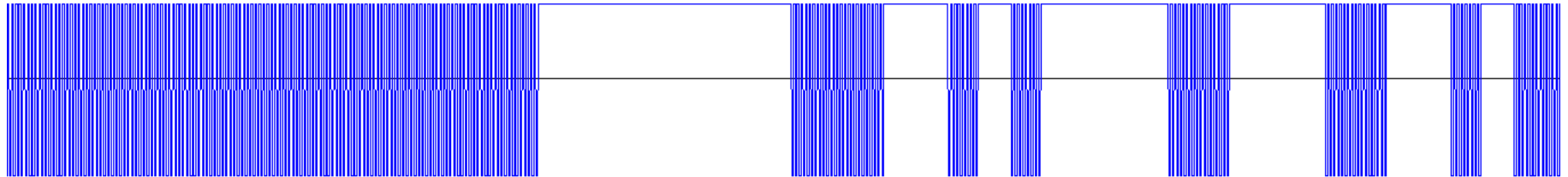
- Amplitudenmodulation (JU+TE Computer 2K)
- Frequenzmodulation (KC, CPC, JU+TE 4K/6K, Poly880, Z1013, ZX Spectrum)
- Phasenmodulation (AC1, BCS3)
- Spezielle Verfahren (ATARI 400/800, C64)

JU+TE Computer 2K (1)

- Baudrate: 600 Bit pro Sekunde
- 1-Bit wird auf eine Trägerfrequenz aufmoduliert (hohe Amplitude)
- 0-Bit: kein Signal (niedrige Amplitude)

JU+TE Computer 2K (2)

Signalform einer Kassettenaufnahme zwischen Vorton und Datenbereich:



JU+TE Computer 2K (3)

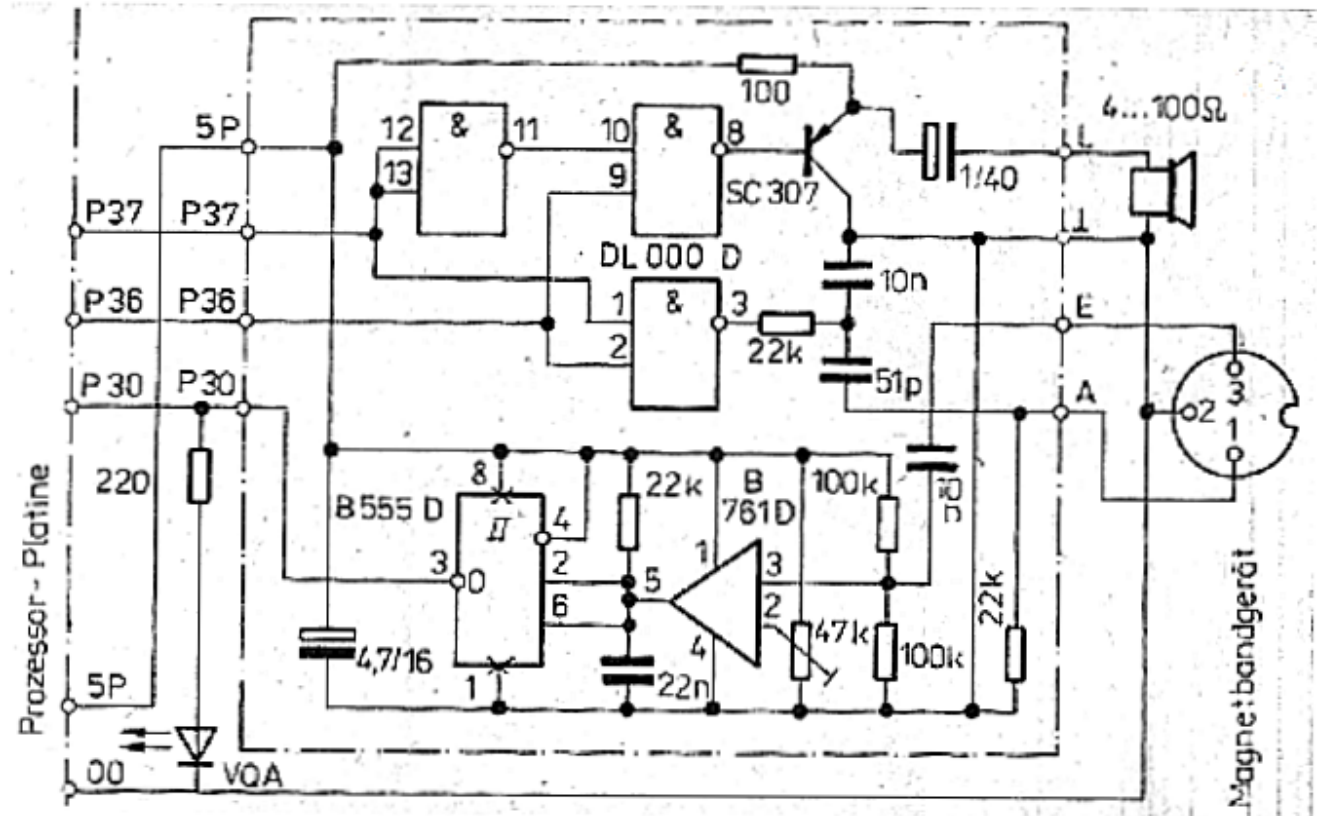
Kassettschnittstelle:

P37: Datenbits von SIO

P36: Trägerfrequenz von Timer

P30: Datenbits zur SIO

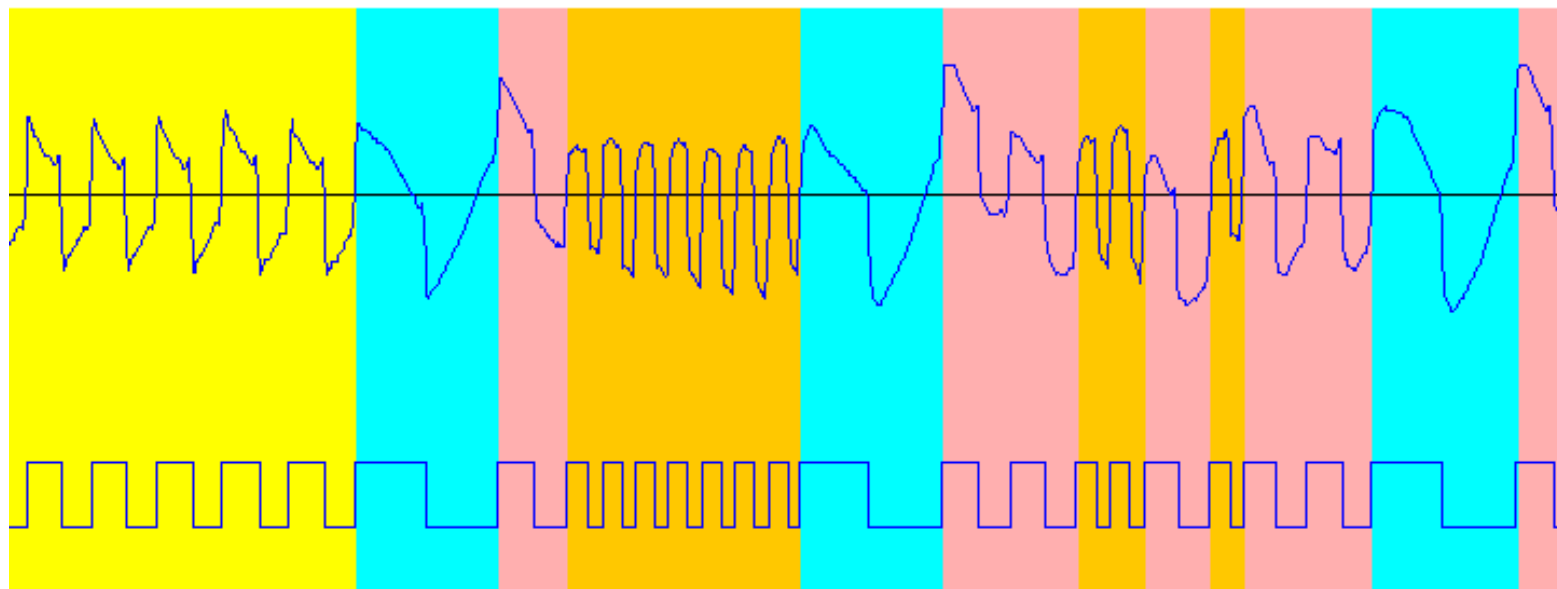
Quelle: JU+TE Heft 12/1987



KC 85/1..5, KC87, Z9001 (1)

- Datei besteht aus Blöcken
- Jeder Block besteht aus:
 - Vorton (ca. 1050 Hz)
 - Trennschwingung (ca. 565 Hz)
 - 1 Byte Blocknummer
 - 128 Datenbytes
 - 1 Byte Prüfsumme
- Bit-Codierung:
 - 0-Bit: eine Schwingung ca. 2000 Hz
 - 1-Bit: eine Schwingung ca. 1050 Hz
 - Eine Trennschwingung mit ca. 565 Hz nach jedem Byte

KC 85/1..5, KC87, Z9001 (2)



Vorton



Trennung



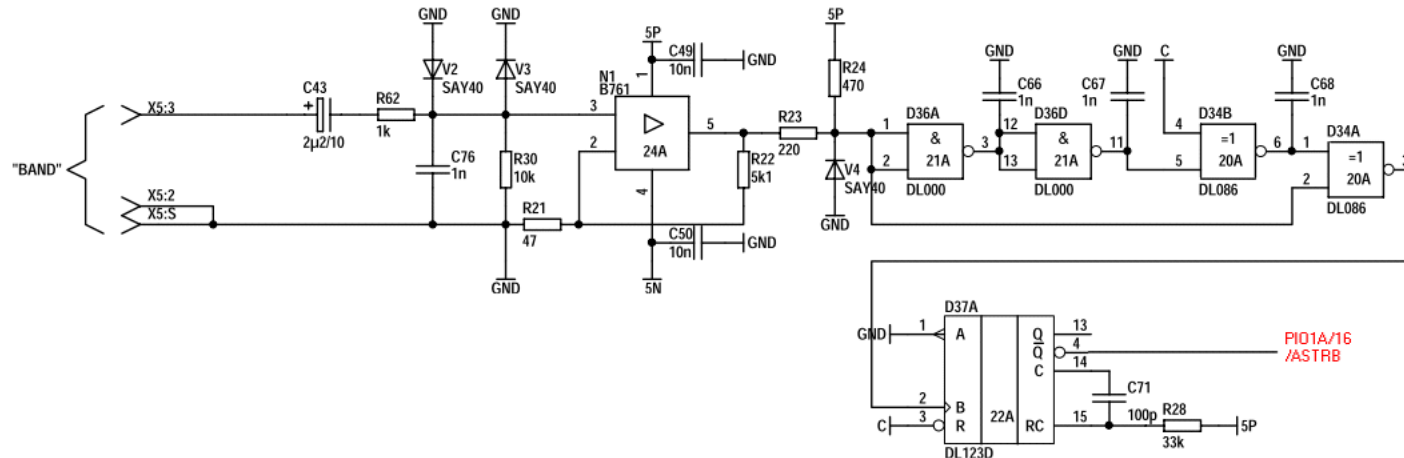
0-Bit



1-Bit

KC 85/1..5, KC87, Z9001 (3)

- Aufwändige Hard- und Software:
 - Speichern über CTC und nachfolgendem Flip Flop
 - Interrupt-gesteuertes Lesen mit vorheriger Umwandlung in Impulse



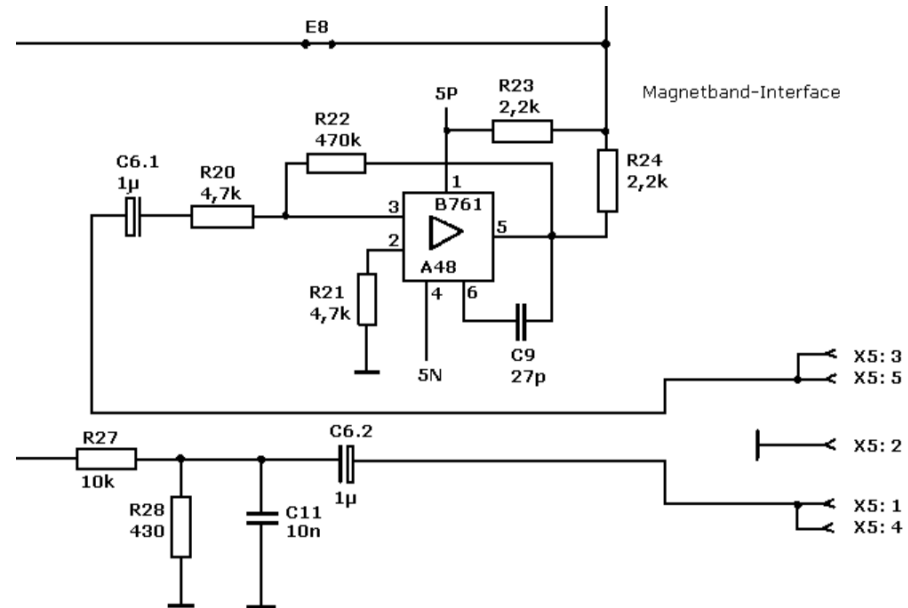
Quelle:
hc-ddr.hucki.net

KC-Aufzeichnungsformat

- Das KC-Aufzeichnungsformat wird mit deutlich geringerem Hardware-Aufwand auch vom KC-BASIC-Interpreter auf dem Z1013 sowie vom EMR-ES 1988 auf dem JU+TE Computer verwendet

Kassettenschnittstelle im Z1013:

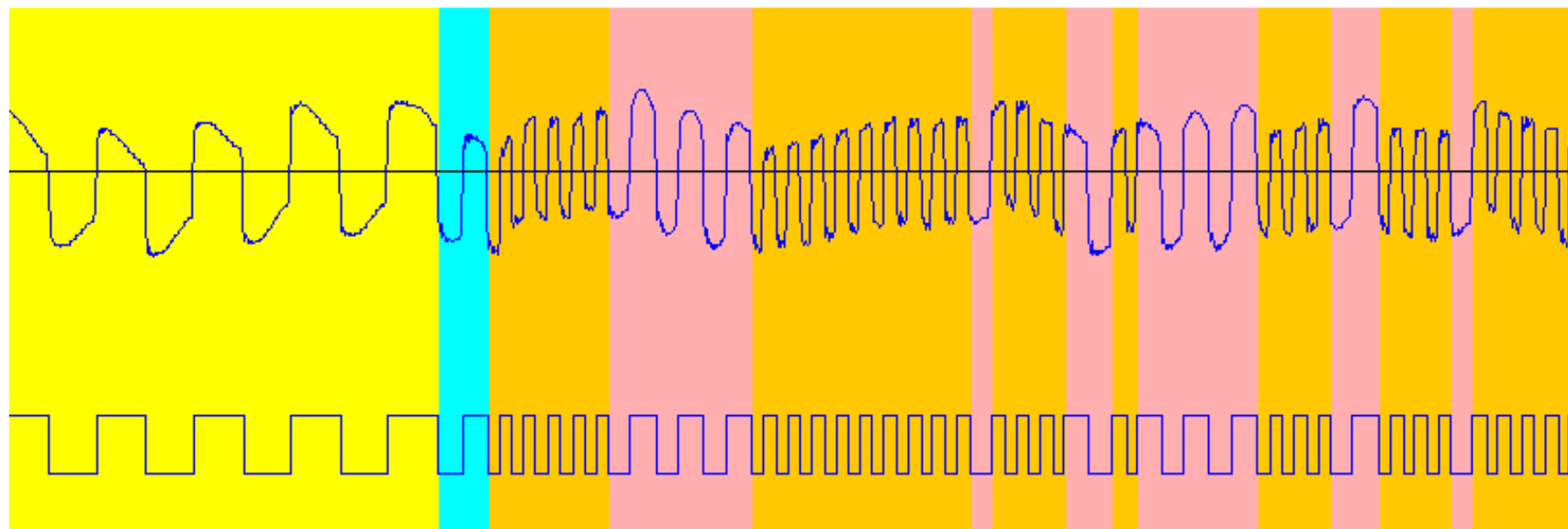
Quelle des Schaltplans,
aus dem der Ausschnitt stammt:
www.z1013.de



Z1013 (1)

- Datei besteht aus Blöcken (bei Headersave mit einem Vorblock)
- Jeder Block besteht aus:
 - Vorton (ca. 640 Hz)
 - Trennschwingung (ca. 1280 Hz)
 - 2 Byte Blockadresse
 - 32 Datenbytes
 - 2 Byte Prüfsumme über Blockadresse und 16 16-Bit-Datenwörter
- Bit-Codierung:
 - 0-Bit: eine Vollschiwingung ca. 2560 Hz
 - 1-Bit: eine Halbschwingung ca. 1280 Hz

Z1013 (2)



Vorton



Trennung



0-Bit



1-Bit

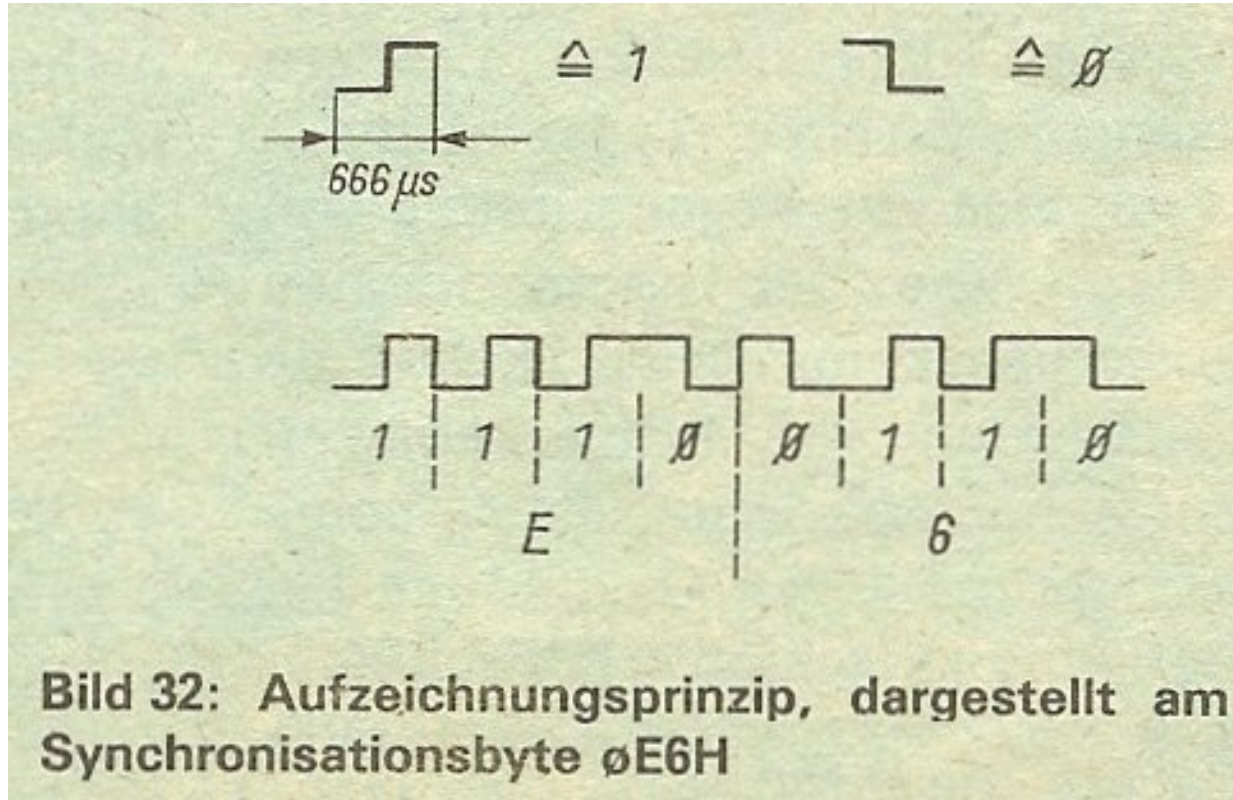
Z1013 (3)

- Unterschiede zum KC-Kassettenaufzeichnungsverfahren:
 - Kürzere Blöcke
 - 1-Bit mit Halb- statt mit Vollschiwingung
 - Keine Trennschwingungen nach jedem Byte
 - Nur geringfügig andere Frequenzen bei der Bit-Kodierung
- Das Z1013-Kassettenaufzeichnungsverfahren auf physischer Ebene wird auch von anderen Computern verwendet, allerdings mit anderen Frequenzen:
 - AC1/LLC2-TurboSave (bei Verwendung eines SCCH-Monitorprogramms)
 - PolyComputer 880

AC1 (1)

- Trägerfrequenz 1,5 kHz
- Aufbau: Vorton (Null-Bytes), Synchronisationsbyte E6h, Datenbereich (Wird beim Einlesen 19h statt E6h gelesen, müssen alle nachfolgenden Bits negiert werden.)
- 0- und 1-Bits werden in entgegengesetzter Phasenlage gespeichert
- Auf physischer Ebene keine Datenblöcke und keine Prüfsumme
- Logische Ebene:
 - BASIC-Programm: Dateiname, gesamtes Programm, keine Prüfsumme
 - MC-Programm: Dateiname, Datenblöcke mit Prüfsumme

AC1 (2)



Quelle:
Funkamateurl Heft 10/84

BCS3

- Physisches Ebene wie bei AC1, allerdings mit Trägerfrequenz 1,225 kHz und Vorton mit AA-Bytes
- Logische Ebene: Datenblöcke mit Prüfsumme

ATARI 400/800

- Baudrate: 600 Bit pro Sekunde
- Jedes Bit wird auf eine Trägerfrequenz aufmoduliert:
 - 0-Bit: Trägerfrequenz 3995 Hz
 - 1-Bit: Trägerfrequenz 5327 Hz

Quelle: www.atariarchives.org/dere/chaptC.php

C64

- 3 verschiedene Frequenzen (Werte für NTSC, bei PAL -3,8%):
 - Kurz: eine Periode 2840 Hz
 - Mittel: eine Periode 1953 Hz
 - Lang: eine Periode 1488 Hz
- Bit-Kodierung:
 - 0-Bit: Folge Kurz-Mittel
 - 1-Bit: Folge Mittel-Kurz
 - Byte-Beg.: Folge Lang-Mittel
 - Datenende: Folge Lang-Kurz

Präsentation JKCLoad

- Einlesen von KCBASIC-Programmen:
 - Aufnahmen mit KCBASIC auf Z1013 gespeichert, nun über 30 Jahre alt
 - Fehlerhafter grüner Block an Frame-Position 16296480, Block über Ende hinaus gelesen → muss falsch sein
→ Prüfsumme stimmt zufällig überein
 - Blockanfang der ersten beiden Blöcke nicht erkannt
→ Frequenztoleranz erhöhen
 - Problematische Trennschwingung an Frame-Position 520129 und 16328069 (Phasenverschiebung bei nachfolgendem 0-Bit)
 - Aufnahme im Z1013-Headersaveformat dazwischen

Erkenntnis

- KC compact Systemhandbuch, Teil 1, Seite 25, Absatz 3.3.1:

“Die analoge Elektronik der Kassettenrecorder neigt dazu, die Signalflanken zwischen einer langen (Eins-Bit) und einer kurzen Periode (Null-Bit) zu verschieben. D.h., dass bei einem Wechsel von Null- auf Eins-Bit und umgekehrt die Unterschiede zwischen langer und kurzer Periode geringer werden.“
- Beim KC-Format kann die Trennschwingung nach jedem Byte aufgrund der besonders niedrigen Frequenz bei nachfolgendem Null-Bit (hohe Frequenz) zu einer zu starken Signalverfälschung führen.

Lösung

- JKLOAD Version 1.1 bietet einen alternativen Algorithmus zur Erkennung von Phasenwechsel anhand von steilen Flanken
→ deutlich bessere Ergebnisse beim Einlesen,
aber feine Justierung des Schiebereglers „Flankenhöhe“ erforderlich
- Der alternative Algorithmus hat auch Nachteile (Längen der Halbwellen im erzeugten 1-Bit-Signal weniger gleichmäßig) und ist nicht allgemeingültig (steile Flanken erforderlich)

Ende

```
10 CLS
```

```
20 PRINT AT (12,2);“Vielen Dank fuer die Aufmerksamkeit!“
```

```
30 PAUSE 30
```

```
40 CLS
```

```
50 PRINT AT (12,16);“Fragen?“
```