

ISDN Basisanschluss

KURZFASSUNG

26 Seiten

INHALT

1	Übersicht.....	2
2	Allgemeines	3
2.1	Anschlusskonfigurationen	3
2.2	Referenzpunkte	4
2.3	Datenübertragung zwischen Endgerät und Vermittlungsstelle	4
3	Anschlusstechnik	5
3.1	Netzabschlussgerät (NTBA).....	6
3.2	S ₀ -Bus-Installation.....	9
3.3	Endgeräteanschlutung	12
4	U - Schnittstelle	15
4.1	Übertragungscode.....	15
4.2	Richtungstrennung	16
5	S₀ - Schnittstelle	18
5.1	Übertragungscode.....	18
5.2	D-Kanalzugriff	20
5.3	Endgerätespeisung	22
6	Kontrollfragen	23
7	Bilder und Tabellen.....	24
8	Abkürzungen	25
9	Literatur	26

1 Übersicht

Zusammenfassung

Im ISDN gibt es zwei Anschlussmöglichkeiten für Teilnehmer

- Den ISDN Basisanschluss und
- Den ISDN Primäranschluss

Der ISDN-Basisanschluss entspricht dem analogen Einzelanschluss und kann wie dieser, auch für Serienanschlüsse, d.h. ISDN-Nebenstellenanlagen bzw. Kommunikationsanlagen verwendet werden. Der ISDN-Basisanschluss wird mit einer zweiadrigen Teilnehmer-Anschlussleitung an die Vermittlungsstelle angeschlossen, welche die gleichen Eigenschaften besitzt wie jene eines analogen Anschlusses.

Für den ISDN Basisanschluss gelten folgende grundsätzliche Festlegungen:

- digitale Signalübertragung bis zum Teilnehmer über die existierende Kupferleitung
- Mehrgeräteanschluss über eine Businstallation (S-Bus) mit Kommunikationssteckdosen für die Endgeräte
- Kanalmultiplex für Nutzinformation und Signalisierung
- Anschluss analoger Endgeräte über Terminaladapter

Durch Anwendung des Kanalmultiplex beim ISDN-Basisanschluss erhält der ISDN-Teilnehmer die Möglichkeit

- zwei Basiskanäle mit je 64 kbit/s, die sog. B-Kanäle, gleichzeitig für unterschiedliche Kommunikationsbedürfnisse benützen zu können,
- die Zeichengabe, welche bei einem analogen Fernsprechanchluss über die a/b-Adern erfolgt, über einen eigenen Datenkanal mit 16 kbit/s, den sog. D-Kanal abzuwickeln, und bei Bedarf neben dem Zeichengabeaustausch zwischen Teilnehmerendgeräten und ISDN-Vermittlungsstelle Datex-P-Daten mit einer Datenübertragungsgeschwindigkeit von max. 9,6 kbit/s zu senden oder zu empfangen.
- Neben dem D-Kanal gibt es noch einen sog. M-Kanal (Maintenance Kanal) der dem Netzbetreiber vorbehalten ist und u.a. zur Synchronisierung verwendet wird.

Schlüsselwörter

Kanalmultiplex, Mehrgeräteanschluss, Anlagenanschluss, Referenzpunkte, S-Bus, S-Bus-Verkabelung, Netzabschlussgerät, Übertragungscode, D-Kanalzugriff, Echokompensation

2 Allgemeines

(1) Der ISDN-Basisanschluss bietet dem Teilnehmer einen voll duplexfähigen Anschluss für eine Übertragungsrate von 144 (160) kbit/s an eine ISDN-Vermittlungsstelle unter Verwendung eines verdrehten Adernpaares mit einer Impedanz von 135Ω (Standard Telefon-Verkabelung). Die verfügbare Übertragungsrate wird von mehreren Kanälen im Zeitmultiplex wie folgt genutzt:

- 2 x B-Kanäle mit je 64 kbit/s für Nutzdaten
- 1 x D-Kanal mit 16 kbit/s für die Signalisierung und
- 1 x Wartungskanal mit 16 kbit/s für den Netzbetreiber

2.1 Anschlusskonfigurationen

(2a) Der ISDN-Basisanschluss kann in zwei Konfigurationsvarianten eingesetzt werden:

- **Punkt - Mehrpunkt** - Konfiguration, für den Anschluss von bis zu 8 Endgeräten an den S_0 -Bus, wobei zwei Busvarianten zu unterscheiden sind:
 - short passive bus: max. 150 m bis zu 8 Endgeräte in beliebiger Position und
 - extended passive bus: max. 500 m bis zu 8 Endgeräte am Busende.
max 1000 m 1 Endgerät am Busende.

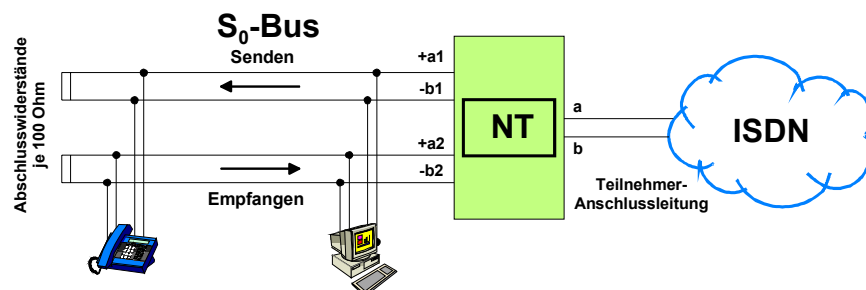


Bild 1 ISDN-Basisanschluss – Punkt-Mehrpunkt-Konfiguration

- (2b) **Punkt-Punkt**-Konfiguration für den Anschluss kleiner und mittlerer Telekommunikationsanlagen

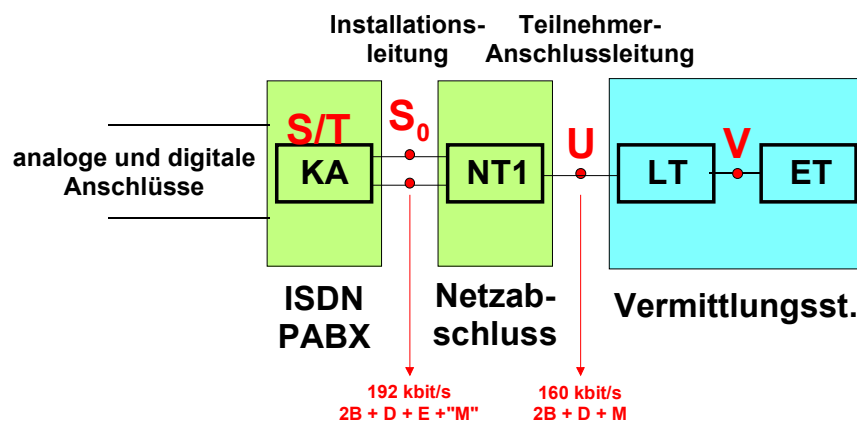


Bild 2 ISDN-Basisanschluss – Punkt- Punkt -Konfiguration

2.2 Referenzpunkte

Zur Abgrenzung der verschiedenen Funktionen hat ITU-T den ISDN-Anschluss in Funktionsgruppen aufgeteilt, zwischen denen sog. Referenzpunkte (R bis V) liegen, die jedoch nicht mit physischen Schnittstellen übereinstimmen müssen. Entsprechend der Bitrate werden die Referenzpunkte für den Basisanschluss mit dem Index 0, jene für den Primäranschluss mit 2 gekennzeichnet.

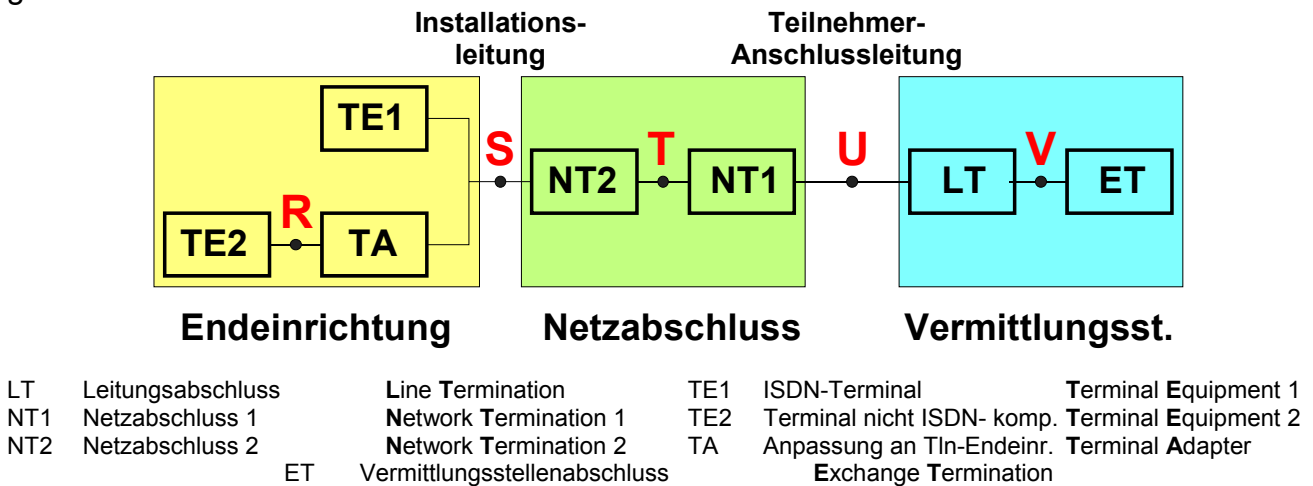


Bild 3 Referenzkonfiguration

(3) Nach ITU-T und ETSI haben die Referenzpunkte folgende Bedeutung:

- **R** Anschluss konventioneller Endgeräte
- **S** Mehrfachanschluss für ISDN-Endgeräte
- **T** Anschluss von Nebenstellenanlagen
- **U** Übertragungsstrecke zur Ortsvermittlungsstelle (Teilnehmervermittlungsstelle)
- **V** Logische Trennung zwischen physischer Übertragung und den höheren Schichten der Vermittlungseinrichtung

2.3 Datenübertragung zwischen Endgerät und Vermittlungsstelle

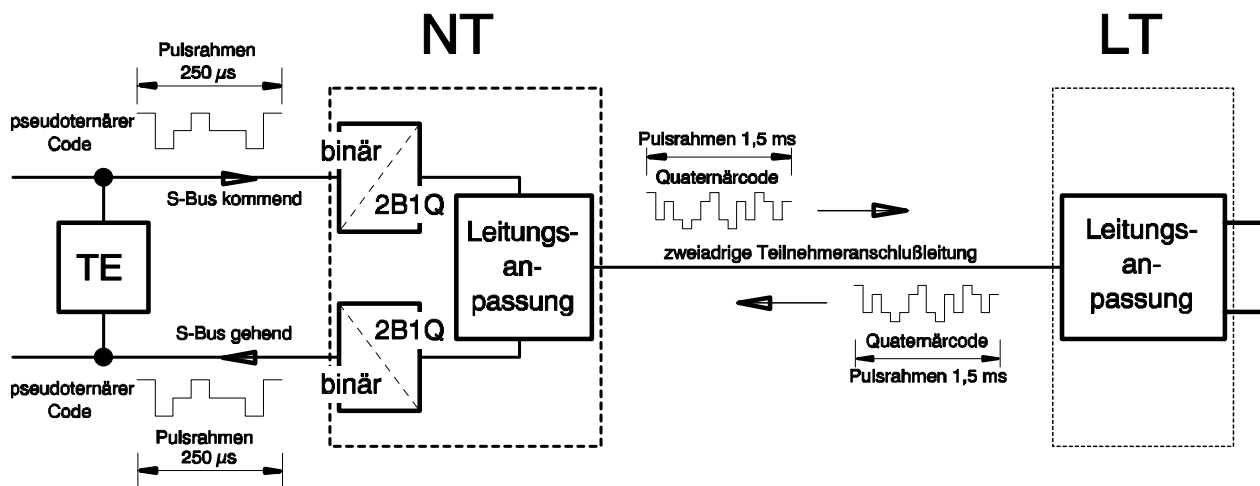


Bild 4 Datenübertragung zwischen Endgerät und Vermittlungsstelle

(4) Bei der Datenübertragung zwischen Endgerät (TE) und Vermittlungsstelle (LT) werden zwei Übertragungsabschnitte unterschieden:

- Teilnehmer-Anschlussleitung, die Übertragungsbedingungen werden durch die U_0 – Schnittstelle definiert,
- S-Bus, die Übertragungsbedingungen werden durch die S_0 - Schnittstelle definiert.

Teilnehmer-Anschlussleitung

(5) Die Teilnehmer-Anschlussleitung¹ bildet den ersten Übertragungsabschnitt und stellt die Verbindung zwischen Vermittlungsstelle und Netzabschluss her. Sie entspricht dem Referenzpunkt U und ist international nicht standardisiert.

Um den Datenaustausch über die Teilnehmer-Anschlussleitung voll duplex durchführen zu können wird zur Richtungstrennung das Gleichlageverfahren mit Echokompensation eingesetzt. Zur Erzielung einer möglichst großen Reichweite wird ein spezieller, geschwindigkeits-reduzierender Übertragungscode, der 2B1Q-Code, eingesetzt.

Impedanz:	135 Ohm	
Impulshöhe:	$\pm 2,5$ V	von 0 bis Spitze an 135 Ω
Signalpegel:	+ 13,5 dBm	ca. 3,7 Vac an 135 Ω
Code:	2B1Q	Schrittgeschw.: 80 kBd
Fehlerrate:	10^{-7}	

Tabelle 1 Eigenschaften der U_{K0} -Schnittstelle

S-Bus

(6) Der S_0 -Bus² bildet den zweiten Übertragungsabschnitt und stellt die Verbindung zwischen Netzabschluss und Endgeräten her. Der S_0 -Bus ist als 4-drähtiger Bus ausgelegt, an den bis zu 8 Endgeräte, davon 4 ohne eigene Speisung, angeschlossen werden können. Herkömmliche Geräte werden über Terminaladapter angeschlossen (siehe R-Schnittstelle).

Der S_0 -Bus wird durch 2 Kupferadernpaaren realisiert, die mit bis zu 12 ISDN-Steckdosen ausgestattet sein können. Jede Übertragungsrichtung wird über ein Adernpaar getrennt übertragen.

Impedanz:	≥ 2500 Ohm	20kHz 106kHz
Impulshöhe:	750 mV	von 0 bis Spitze an 50 Ω
Dämpfung:	max. 6 dB	Bei 96 kHz
Code:	MAMI	modifizierter AMI
Bitrate:	192 kbit/s	Bitdauer: 5,21 μ s
Fehlerrate:	10^{-7}	

Tabelle 2 Eigenschaften der S_0 -Schnittstelle

3 Anschlusstechnik

Die Technik des ISDN erlaubt zwar die Weiterverwendung der analogen Teilnehmer-Anschlussleitungen, erfordert jedoch als Netzabschluss an Stelle der Telefonsteckdose ein eigenes Netzabschlussgerät, den sog. NTBA, an den teilnehmerseitig die ISDN-fähigen Endgeräte über einen vierdrähtigen Bus, den S_0 -Bus, steckbar angeschlossen werden.

¹ Sie entspricht der Standard-Telefonverkabelung mit einer Impedanz von 135 Ohm

² Der S_0 -Bus wird an den S/T-Anschluss des NT angeschlossen

3.1 Netzabschlussgerät (NTBA)

(7) Das ISDN-Netzabschlussgerät (NT = Network Terminal, Network Termination) trennt den Eigentumsbereich des Teilnehmers von jenem des Netzbetreibers und erfüllt folgende grundsätzliche Funktionen:

- Es trennt den Eigentumsbereich des Netzbetreibers (bis 31.12.1997: Monopolbereich der Telekom) vom privaten, dem freien Wettbewerb geöffneten, Installationsabschnitt.
- Es führt die Umsetzung des Signalflusses zwischen der netzseitigen (U) und der anschlussseitigen Schnittstelle (S) durch und stellt die international definierte S_0 -Schnittstelle zur Verfügung. An die als Bus vierdrähtig ausgeführte S_0 -Schnittstelle können 12 Anschlussdosen installiert werden und bis zu acht Endgeräte (davon maximal vier ISDN-Telefone) gleichzeitig angeschaltet werden.
- Er liefert in der Regel über einen Anschluss an das 220 V ~ Netz den Speisestrom für die S_0 -Schnittstelle.

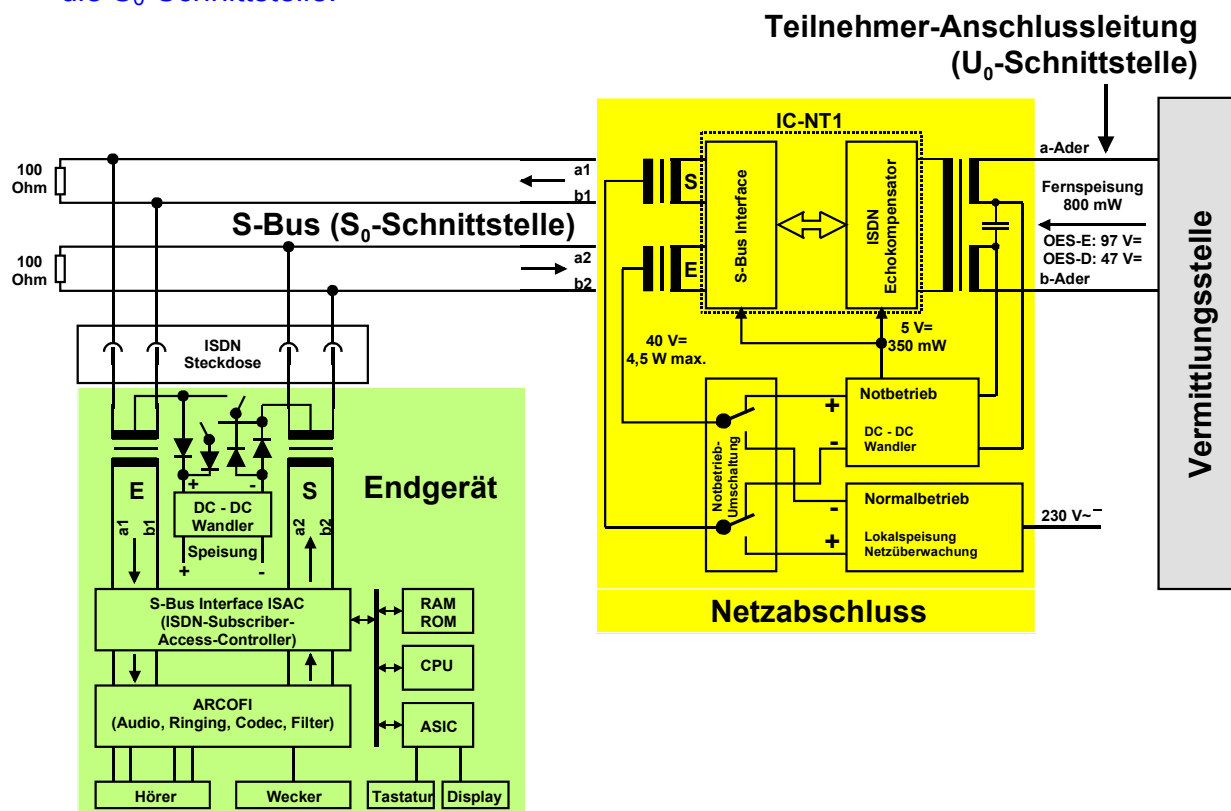


Bild 5 Endgerätespeisung

Die Verbindung des NT zur Vermittlungsstelle wird vom U_{K0} -Interface realisiert, in welchem das im 2B1Q -Format übertragene Signal in einen digitalen Datenfluss umgesetzt wird. Dieser Datenfluss wird auf dem NT-internen IOM-Bus (= ISDN Oriented Modular-Bus) zum S_0 -Interface gesendet. Im S_0 -Interface wird der NT-interne digitale Datenfluss nach dem Leitungscodierung der S_0 -Schnittstelle aufbereitet.

Je nach Einsatzerfordernissen gibt es mehrere NT-Ausführungen wie z.B.:

- Anschluss für 2 ISDN-Endgeräte und die S-Bus-Verkabelung
- Anschluss für 2 ISDN-Endgeräte und 2 analoge Endgeräte
- Anschluss für 2 ISDN-Endgeräte

Beispiel eines NT für den Anschluss eines S₀-Busses

Allgemeines

Das Netzabschlussgerät Euro-ISDN-NTBA bildet im diensteintegrierenden digitalen Nachrichtennetz (ISDN) den netzseitigen Abschluss des Übertragungsabschnitts zum Netzknoten. Es realisiert mit dem hochintegrierten Schnittstellenbaustein IC-NT1 (Bild 6) entsprechend der ISDN-Bezugskonfiguration ITU-T I.411 / I.412 die NT1 -Funktion.

Das NTBA wird netzseitig über die 2-Draht-Teilnehmer-Anschlussleitung mit der Vermittlungsstelle verbunden (U-Schnittstelle). Auf der Teilnehmerseite sind den S₀-Bus bis zu acht Endgeräte an die 4-Draht-Schnittstelle S/T des NT anschließbar.

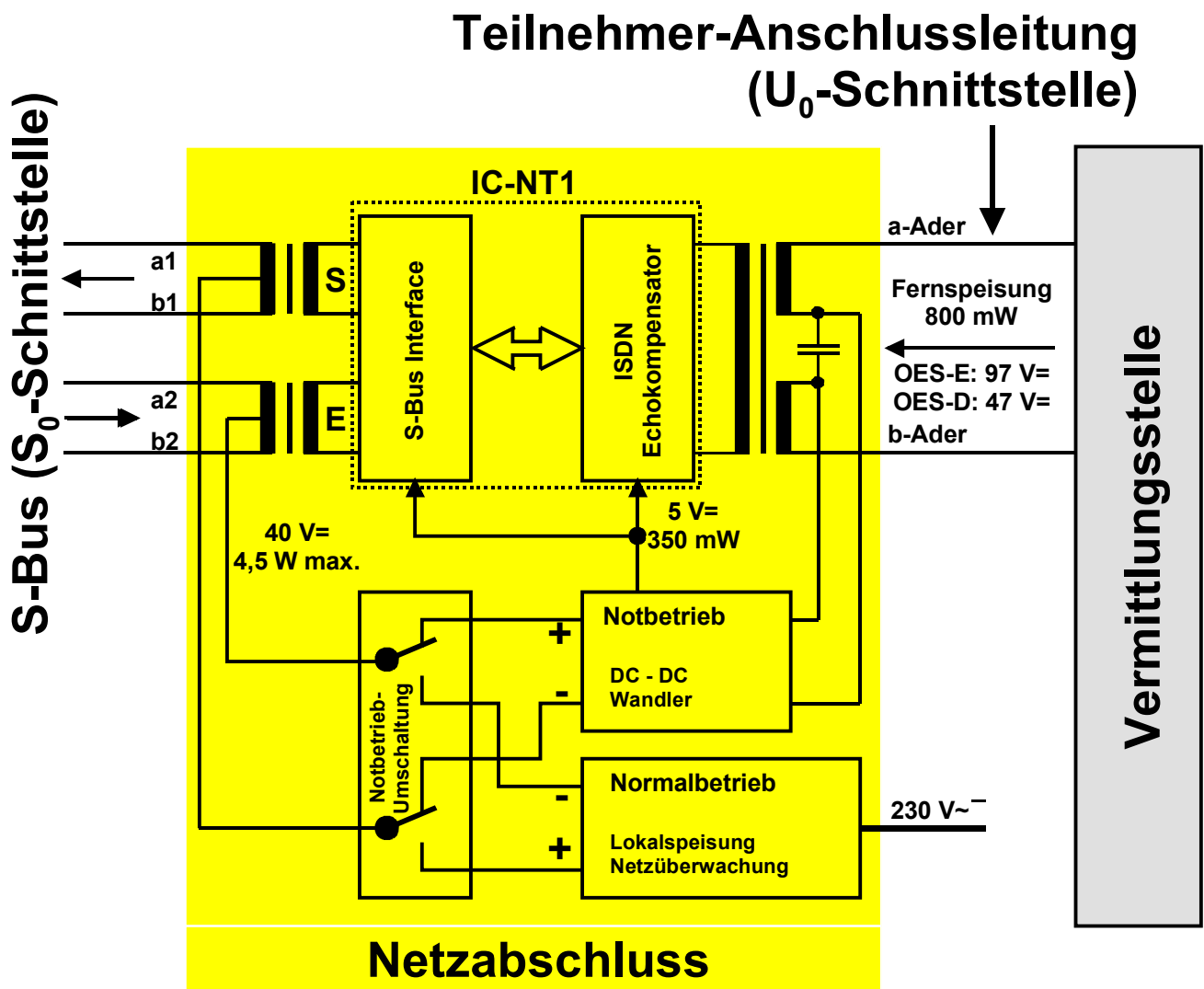


Bild 6 Prinzipschaltbild eines Netzabschlusses

U-Schnittstelle

Die U-Schnittstelle entspricht DTR/TM 3002 und ITU-T G.961. Die Schnittstelle arbeitet mit dem 2B1Q-Leitungscode. Vollduplex-Betrieb mit Richtungstrennung durch Echokompensation ermöglicht die gleichzeitige Übertragung der Digitalsignale von und zu der Vermittlungsstelle. Die Anschlüsse für die U-Schnittstelle sind über Klemmverbindungen innerhalb des Gehäuses zu erreichen.

S/T-Schnittstelle

Die S/T-Schnittstelle entspricht I.430 ITU-T. Dem Teilnehmer stehen über diese Verbindung zwei 64-kbit/s-Basiskanäle (B1, B2) und ein 16-kbit/s-Signalisierungskanal (D) zur Verfügung, wobei zwischen dem Punkt-zu-Punkt-Betrieb mit einem Teilnehmer (bis ca. 1 km Entfernung) oder der Anschaltung an einen Bus (bis ca. 150 m Länge) für maximal acht Teilnehmer gewählt werden kann. Das NTBA befindet sich entweder am Ende oder innerhalb des Busses.

Da für alle TEs einer S-Bus-Konfiguration nur ein gemeinsamer D-Kanal zur Verfügung steht, wird mit Hilfe der D-Kanal-Zugriffssteuerung ein geordneter Zugriff aller Endgeräte auf den D-Kanal sichergestellt. Die Prozedur ist in der ITU-T-Empfehlung I.430 festgelegt.

Für den S/T-Anschluss gibt es zwei mit S/T gekennzeichnete, 8polige Buchsen nach ISO 8877. Dabei können entweder an eine Buchse der S-Bus oder an eine weitere Buchse zwei nahestehende Endgeräte angeschlossen werden. Beide Anschlussbuchsen sind parallel geschaltet.

Aktivierung/Deaktivierung

In übertragungstechnischer Hinsicht sind der deaktivierte (leistungsarme) Zustand und der aktivierte Zustand des Euro-ISDN-NTBA zu unterscheiden.

Im deaktivierten Zustand (Power-Down-Mode) wird nur die Aktivierung der S/T- und der U-Schnittstelle überwacht. Der aktivierte Zustand (Power-Up-Mode) ist das Ergebnis des Verbindungsaufbaus und sichert die NT1-Funktion Layer 1. Im Power-Up-Mode sind alle Funktionen des NTBA verfügbar.

Der Verbindungsabbau (vollständige Deaktivierung) ist nur von der Vermittlungsstelle aus möglich.

Stromversorgung

Die internen Funktionen des NTBA werden immer vom Netzknoten ferngespeist. Im Normalbetrieb versorgt das NTBA die mit der S/T-Schnittstelle verbundenen Endgeräte über ein Netzteil. Bei Ausfall der lokalen 115/230-V-Netzspannung gewährleistet die über die U-Schnittstelle anliegende Fernspeisespannung die Versorgung eines Teilnehmers TE in der Fernsprechgrundfunktion. Das NTBA schaltet in den Notbetrieb um, der durch eine umgepolte S/T-Speisespannung (-40 V) gekennzeichnet ist.

Der 115/230-V-Netzanschluss erfolgt über die am Gerät montierte Netzanschlussleitung (Länge ca. 2 m) mit Flachstecker nach DIN 49464. Das Vorhandensein der 115/230-V-Wechselspannung wird durch eine grüne LED signalisiert.

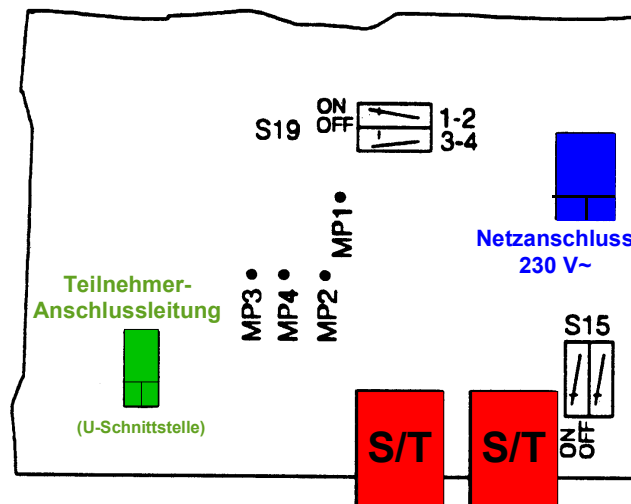
Anschluss des NTBA

Die U-Schnittstelle befindet sich als 2polige Klemmverbindung in einem separaten Anschlussfeld unter einer verschraubbaren Klappe. Der a/b-Anschluss ist dabei beliebig.

Die beiden S/T-Schnittstellen, realisiert durch zwei RJ-45-Buchsen nach ISO 8877, sind von der unteren Gehäuseseite frei zugänglich. Über die IAE-Buchsen kann der S-Bus entweder an eine oder an beide Anschlusseinheiten (8polig, nach ISO 8877) gesteckt werden. Wird nur eine Buchse für den S-Bus genutzt, ist an die noch freie Buchse ein TE anschließbar. Befindet sich das NTBA innerhalb des Busses, so werden die beiden Enden des Busses an die S/T-Anschlusseinheit angeschlossen. Der Abschlusswiderstand TR lässt sich bei Bedarf abschalten. Der 115/230-V-Netzanschluss erfolgt mit der Netzanschlussleitung.

Einstellelemente

Die Lage der Schalter ist dem **Bild 7** zu entnehmen. Die Schalter können entsprechend **Tabelle 3** eingestellt werden. Dazu muss das NTBA geöffnet werden.



S/T bei Punkt - Punkt - Konfiguration: Anschluss einer TK-Anlage
 S/T bei Punkt - Mehrpunkt - Konfig.: Anschluss von zwei ISDN-Endgeräten oder
 einem ISDN-Endgerät und einem S₀-Bus

Bild 7 Anordnung der Schalter und Klemmen

Mode	Einstellung	Auslieferungszustand
Busbetrieb	S 19/1-2 ON	X
Punkt-zu-Punkt-Verbindung	S 19/1-2 OFF	
TR= 100Ω eingeschaltet	S15 ON	X
TR= 100Ω abgeschaltet	S15 OFF	
Hardware-Reset	Verbindung zw. Löt看點 MP3 und MP4	
8-kHz-Rahmentakt	Messpunkt MP2 gegen Messpunkt MP4	
U-Spektrum	Verbindung zw. Löt看點 MP1 und MP4	
Act-Bit (Loop 2) Bit = 0	S 19/3-4 ON	
Act-Bit (Loop 2) Bit = 1	S 19/3-4 OFF	X

Tabelle 3 Einstellung der Betriebsart

3.2 S₀-Bus-Installation

Bei der Installation des S₀-Busses³ ist für jede Übertragungsrichtung eine verdrehte zweiadrige Leitung zu verwenden, wobei eine Schirmung⁴ in der Regel unnötig ist. Installationskabel in Form sog. Sternvierern erfüllen die gestellten Anforderungen optimal. Es kommen zum Beispiel folgende Kabeltypen in Frage:

- J-Y(St)Y 2x2x0,6 St III Bd
- J-YY 2x2x0,6 St III Bd
- A-2Y(St)2Y 2x2x0,6 St III Bd
- J-2Y(St)Y 2x2x0,6 St III Bd

³ Für die Installation am S₀-Bus gelten die Bestimmungen in der DIN VDE 0891 - Verwendung von Kabeln und isolierten Leitungen in Fernmeldeanlagen und Informationsverarbeitungsanlagen.

⁴ Auf geschirmtes Kabel sollte man zurückgreifen, wenn mit Störeinstrahlungen (z.B. Nähe eines starken Senders etc.) zu rechnen ist.

(8) Die Bezeichnung „Sternvierer“ beruht auf der - zu einer Vierergruppe zusammengefassten - Anordnung zweier Leitungspaare. Die Anordnung der Leitungspaare wurde so gewählt, dass jede Ader in unmittelbarer Nähe zu beiden Adern des jeweils anderen Leitungspaares liegt. Es ergibt sich dann die Struktur einer kapazitiven Brückenschaltung (Bild 8).

Hat nun eine Ader eines Leitungspaares einen störenden Einfluss auf das andere Paar, so wird diese Störung durch einen ähnlichen, jedoch wegen der unterschiedlichen Stromrichtung neutralisierend wirkenden Einfluss der anderen Ader wieder aufgehoben. Eine vollständige Neutralisierung störender Einflüsse der Nachbaradern ist gegeben, wenn die kapazitive Brücke abgeglichen ist. Natürlich ist auch ein Sternvierer, bedingt durch Herstellungstoleranzen und durch installationsbedingte Abweichungen von der Struktur (z.B. in unsymmetrischen Verteilern), kein ideales Bauelement. So kann es sein, dass bei langen Kabellängen erst durch Einschalten von Abgleichkapazitäten die gewünschten Eigenschaften des Kabels erreicht werden.

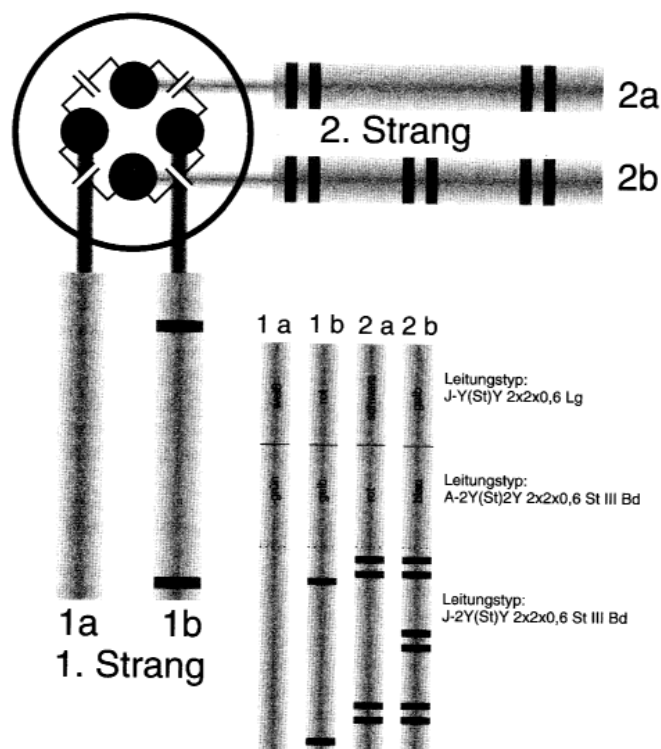


Bild 8 Installationskabel für den S₀-Bus

Abschlusswiderstände

Auf den Leitungen der S₀-Schnittstelle wird mit einer Schrittgeschwindigkeit von 192 kbit/s⁵ gearbeitet. Signale mit diesen Frequenzen werden bereits von den hochfrequenztechnischen Eigenschaften der Leitungen beeinflusst.

(9) Wird eine Leitung nicht mit ihrem Wellenwiderstand abgeschlossen, so werden Signalanteile an deren Endpunkten reflektiert. Die reflektierte Signalenergie ist nicht nur unwiederbringlich verloren, sie überlagert auch das Nutzsignal. Die daraus entstehenden Signalverfälschungen können zu Betriebsstörungen führen. Die Stärke der Reflexion hängt von dem Verhältnis des Wellenwiderstandes der Leitung und dem an die Leitung angeschalteten Lastwiderstand ab. Zur Vermeidung von Reflexionen muss deshalb am Ende jeder S₀-Leitung - also in der letzten Steckdose - jedes Leitungspaar mit einem 100 Ω Widerstand abgeschlossen werden.

⁵ Auf der S_{2M}-Schnittstelle werden sogar 2 Mbit/s übertragen.

Anschlussteckdosen

An einen S₀-Bus können bis zu 12 S₀-Steckdosen angeschlossen werden, an denen bis zu 8 Endeinrichtungen eingesteckt werden können. Die Netzabschlusseinrichtung wird vom Netzbetreiber bereitgestellt. Die Verkabelung der ISDN-Steckdosen ist in der Zuständigkeit des Kunden und wird vierdrähtig geführt.

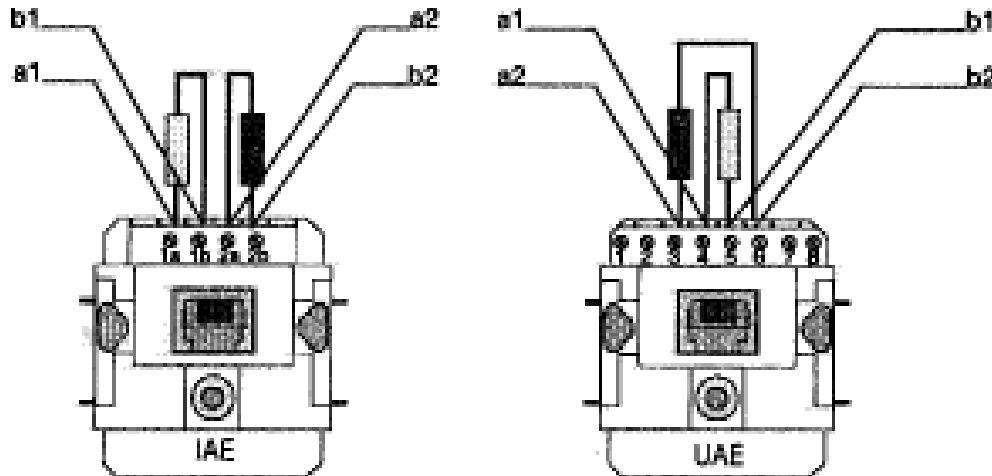


Bild 9 ISDN-Steckdosenausführungen

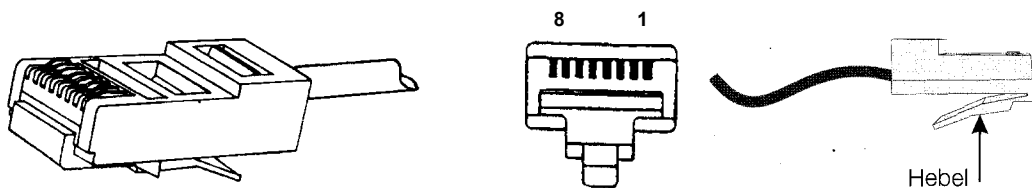


Bild 10 Stecker RJ 45 für das Endgerät

UAE Steckdose						RJ 45 Stecker			IAE Steckdose					
Busleitungssystem	Installationskabel I-Y(St)Y 2x2x0,6	Busleitung	Klemmenbezeichnung 8 polig	Klemmenbezeichnung 6 polig	Klemmenbezeichnung 4 polig	Adernfarbe	Busleitung	Klemmenbezeichnung 8 polig	Busleitungssystem	Installationskabel I-Y(St)Y 2x2x0,6	Busleitung	Klemmenbezeichnung 8 polig	Klemmenbezeichnung 6 polig	Klemmenbezeichnung 4 polig
Busleitungssystem	Installationskabel I-Y(St)Y 2x2x0,6	Busleitung	Klemmenbezeichnung 8 polig	Klemmenbezeichnung 6 polig	Klemmenbezeichnung 4 polig	Adernfarbe	Busleitung	Klemmenbezeichnung 8 polig	Busleitungssystem	Installationskabel I-Y(St)Y 2x2x0,6	Busleitung	Klemmenbezeichnung 8 polig	Klemmenbezeichnung 6 polig	Klemmenbezeichnung 4 polig

Bild 11 Beschaltungsübersicht

Als Steckdosen werden entweder die sogenannten ISDN-Anschluss-Einheiten (IAE) oder die Universal-Anschluss-Einheiten (UAE) verwendet, die unterschiedlich beschaltet werden müssen. Während die Adern 1a und 1b bei der Anschaltung beliebig vertauscht werden dürfen, dürfen bei einem Mehrgeräteanschluss die Adern 2a und 2b nicht miteinander vertauscht werden, da sonst der AMI-Code „ausgelöscht“ wird.

Der verwendete ISDN-Stecker ist achtpolig und wird auch als „Western-Stecker“ RJ-45 oder ISO 8877 bezeichnet, die Anschlusskabel zum Endgerät darf 10 m nicht überschreiten.

Wird eine Leitung nicht mit ihrem Wellenwiderstand abgeschlossen, so werden Signalanteile an deren Endpunkten reflektiert. Die reflektierte Signalenergie ist nicht nur unwiederbringlich verloren, sie überlagert auch das Nutzsignal. Die daraus entstehenden Signalverfälschungen können zu Betriebsstörungen führen. Die Stärke der Reflexion hängt von dem Verhältnis des Wellenwiderstandes der Leitung und dem an die Leitung angeschalteten Lastwiderstand ab. Eine offene, also nicht abgeschlossene Leitung sieht einen gegen unendlich strebenden Lastwiderstand! Ebenso wie eine kurzgeschlossene Leitung wird das Signal zu 100% an der Übergangsstelle reflektiert.

Um Reflexionen zu vermeiden, muss deshalb an die Enden des S_0 -Kabels - also stets in der letzten IAE, in jedes Leitungspaar ein 100 Ω -Abschlusswiderstand geschaltet werden. Beachten Sie bitte, dass eine Verschaltung der Abschlusswiderstände zur Überlastung des NTBA führt.

3.3 Endgeräteanschlaltung

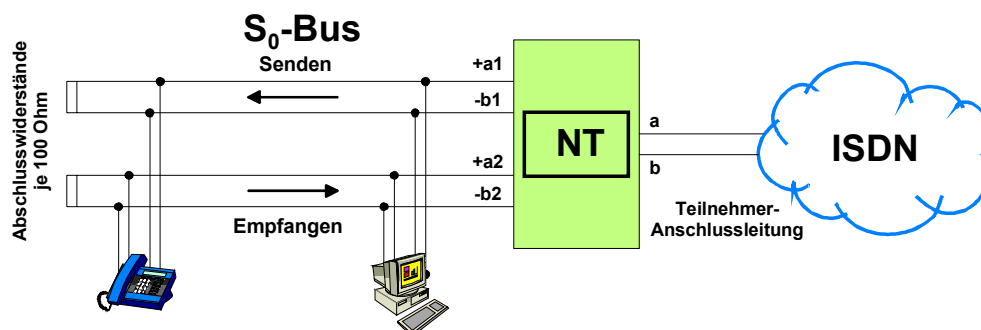


Bild 12 S-Bus (4-Draht Bus) - Prinzipschaltung

S_0 -Bus-Verkabelung

(10) Für die Installation des klassischen S_0 -Busses gelten folgende Randbedingungen

- Es dürfen maximal 12 Dosen angeschaltet werden.
- An die Dosen können maximal acht ISDN-Endgeräte (davon max. vier Endgeräte ohne eigene Speisung, z.B. 4 ISDN-Telefone) gleichzeitig angeschlossen werden.
- Die maximale Leitungslänge (Buslänge) darf 150 m nicht überschreiten. Dieser Wert hängt allerdings wesentlich von der Betriebskapazität (z.B. 100 nF/km) und dem Aderdurchmesser (z.B. 0,6 mm) des verwendeten Kabels ab, so wie von der Zahl der Verteilerpunkte, da durch Unsymmetrien an den Schaltungspunkten Reflexionen des Nutzsignals entstehen, die unter Umständen störend sind.

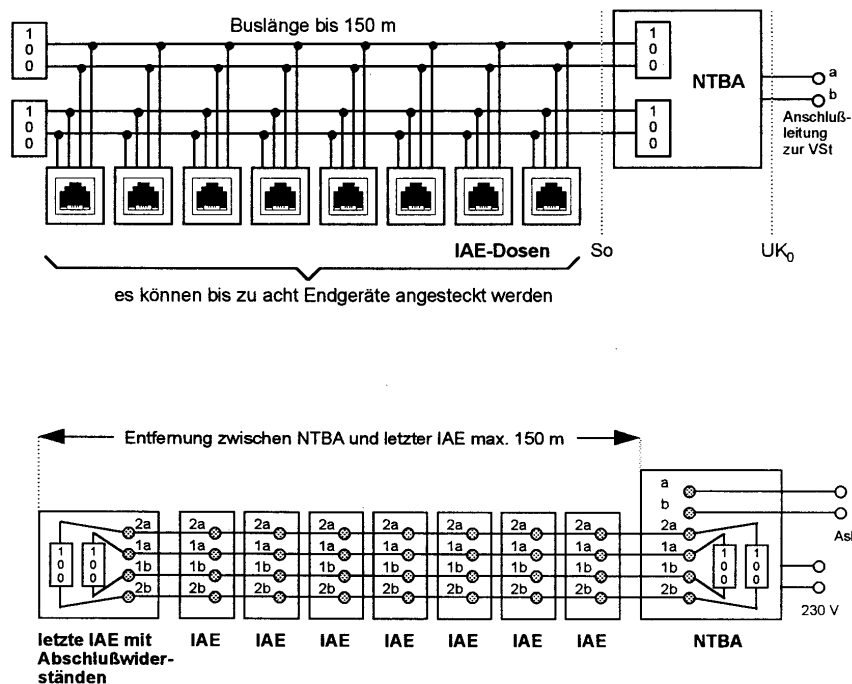


Bild 13 kurzer passiver S₀-Bus (klassisch, NT am Ende des Busses)

(11a) Neben dem klassischen passiven S₀-Bus mit dem NT am Ende des Busses sind auch andere Schaltungsvarianten möglich. So kann das NTBA auch innerhalb des Busses installiert sein, wobei in beiden abschließenden Dosen die Abschlusswiderstände aktiviert sein müssen. Die technischen Richtlinien der Telekom empfehlen auch die Abschlusswiderstände im NTBA aus „Stabilitätsgründen“ aktiviert zu belassen.

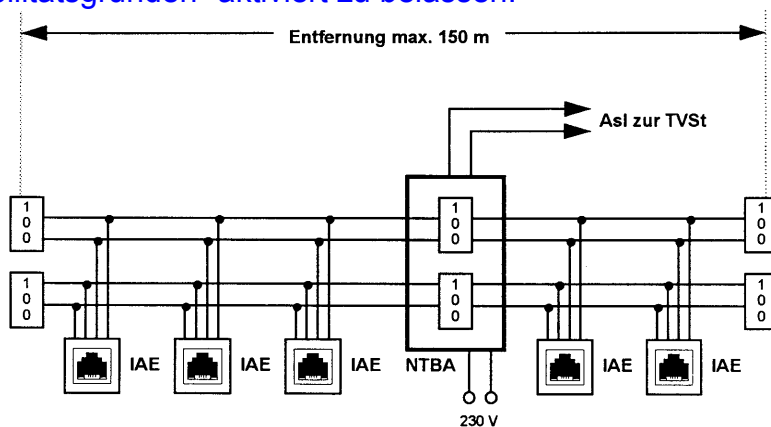
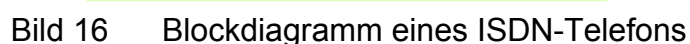


Bild 14 kurzer passiver S₀-Bus (NT innerhalb des Busses)

(11b) Mit dem erweiterten passiven S₀-Bus stehen längere Installationswege (zwischen 300 m und 500 m, je nach Leiterdurchmesser und Betriebskapazität des verwendeten Kabels) zur Verfügung, dafür muss jedoch eine eingeschränkte Anschaltmöglichkeit von max. acht IAE auf einen Installationsbereich von 35 m - 50 m in Kauf genommen werden.



Das ISDN-Telefon wird vierdrähtig an die S₀ Schnittstelle angeschlossen. Die Speisung des ISDN-Telefons erfolgt beim Einzelanschluss von der TVSt. Werden an einen S₀-Bus mehrere Endgeräte angeschlossen, so übernimmt der NT die Speisung. Zu diesem Zweck besitzt der NT ein integriertes Netzgerät.



Ein ISDN-Telefon hat einen vierdrähtigen Eingang (S_0) und auf der Ausgangsseite, wie ein analoges Telefon, einen vierdrähtigen Anschluss zum Hörer. Es ist somit in seiner Schaltung keine Gabelschaltung erforderlich, denn die gehende und die kommende Richtung sind bereits auf der S_0 -Schnittstelle getrennt.

Auf der Eingangsseite erfolgt die induktive Ankopplung an den S_0 -Bus (Gleichstromtrennung). Über die Mittelanzapfungen der Übertrager wird die Speisespannung abgegriffen. Die Schaltung DC/DC versorgt die Telefonschaltung mit den erforderlichen Speisespannungen.

(12) Der Block ISAC (ISDN-Subscriber-Access-Controller) hat als S_0 -Baustein die Aufgabe, die S_0 -Schnittstelle zu bearbeiten, d.h. er übersetzt den modifizierten AMI-Code, übernimmt die Taktsynchronisation, greift auf die beiden B-Kanäle zu und bearbeitet den steuernden D-Kanal (Schicht-1- und Schicht-2-Protokoll).

Der ISAC-Baustein arbeitet mit dem ARCOFI-Baustein und damit mit der Spracheingabe und Sprachausgabe zusammen. Die Bezeichnung ARCOFI (Audio Ringing Codec Filter) besagt, dass sich ein Codierer-DECodierer (Codec), also ein Analog-Digital- bzw. für die Gegenrichtung ein Digital-Analog-Umsetzer auf dem Baustein befindet, dass er entsprechende Sprachfilter besitzt und dass die Rufanschaltung von diesem Baustein gesteuert wird.

Die gesamte Steuerung des ISDN-Telefons übernimmt der Prozessor (CPU: Central Processor Unit). Über einen Bus ist der Zugriff auf den Speicher (ROM, RAM) und auf einen kundenspezifischen Baustein ASIC möglich. Der ASIC kontrolliert die Eingabetastatur und das Ausgabedisplay.

4 U - Schnittstelle

Zwischen Netzabschluss (NT) und Line Termination (LT) in der VSt erfolgt die Datenübertragung mit einem quaternären Code vollduplex über die zweiadrige Teilnehmer-Anschlussleitung. Die Richtungstrennung erfolgt durch das Gleichlageverfahren mit Echo-kompensation.

4.1 Übertragungscode

(13) Über die U_{K0} -Schnittstelle werden zwei B-Kanäle mit je 64 kbit/s, ein D-Kanal und ein M-Kanal (Maintenance-Kanal für Synchronisierung und Steuerung) mit je 16 kbit/s übertragen, wobei der M-Kanal durch den Teilnehmer nicht genutzt werden kann. Die sich daraus ergebende Übertragungsgeschwindigkeit von 160 kbit/s wird durch Einsatz des Quaternär-codes 2B/1Q auf 80 kBaud reduziert, welche auf der Teilnehmer-Anschlussleitung gleichstromfrei übertragen werden. Die Reduzierung der Schrittgeschwindigkeit ermöglicht Anschlussleitungslängen von bis zu 8 km.

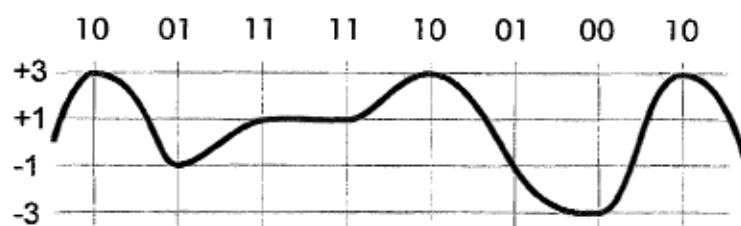


Bild 17 Prinzip des 2B1Q-Codes

Die Daten werden in Pulsrahmen von 1,5 ms Länge und 120 quat (= 240 bit) je Pulsrahmen übertragen, was eine Übertragungsgeschwindigkeit von 160 kbit/s ergibt. Aus übertragungstechnischen Gründen sind die Rahmen vom NT in Richtung zur VSt gegenüber den Rahmen in der Gegenrichtung um 60 ± 2 Quats versetzt.

	← 1,5 Millisekunden →		
Rahmen	SW/ISW	12 × (2B+D)	M
Funktion	Sync Wort	2B+D	Rest (M-Bits)
Quats	9	108	3
Quat Position	1-9	10-117	118-120
Bits	18	216	6
Bit Position	1-18	19-234	235-240

Legende:

- quat** = quaternäres Symbol = 1 Baud
- 2B+D** = Nutzkanäle B₁ und B₂ + Datenkanal D
- SW** = Synchronisationswort (9-stelliger Code) = +3 +3 -3 -3 -3 +3 -3 +3 +3
- ISW** = Invertiertes Sync Wort = -3 -3 +3 +3 +3 -3 +3 -3 -3
- M** = Maintenance-Kanal Bits, M₁ – M₆

Bild 18 Pulsrahmenstruktur auf der U-Schnittstelle

4.2 Richtungstrennung

(14a) Zur Richtungstrennung wird beim EURO-ISDN das Gleichlageverfahren mit Echokompensation eingesetzt. Dieses Verfahren macht sich die Erfahrung des klassischen Telefons zunutze, bei welchem mittels der Richtungstrennung einer Gabelschaltung vorgenommen wird. Infolge der mangelnden Rückhördämpfung der Gabelschaltung des Senders und infolge der Reflexionen des Signals im Kanal und an der Gabelschaltung des Empfängers, ist die klassische Gabelschaltung nicht ausreichend und muss durch eine elektronische Schaltung, die Echokompensation, welche das Echo kompensiert, unterstützt werden.

Durch die Anforderung an die Bitfehlerrate von 10^{-7} muss an die Genauigkeit der Kompensation höchste Anforderungen gestellt werden. Beträgt zum Beispiel die Dämpfung des Kanals 40 dB und benötigt der Empfänger einen Störabstand von 20 dB, so muss das Echo um 60 dB gedämpft werden. Die Kompensation muss somit auf ein Tausendstel genau erfolgen.

Die Wirkungsweise der Echokompensation beruht auf der Überlegung, dass das Echo ein Abbild des gesendeten Signals sein muss. Wenn es der sendenden Station gelingt, durch exakte Nachbildung der übertragungstechnischen Eigenschaften des Kanals ein Signal zu erzeugen, das dem tatsächlichen Echo genau entspricht, dann kann das Echo aus dem ankommenden Signal durch Subtraktion ausgeblendet werden.

(14b) Grundsätzlich gesehen besteht ein Echokompensator aus einer Anordnung mehrerer FIR-Filter, die mit Hilfe eines Prüfsignals adaptiv eingestellt werden. Bei Aussenden eines Prüfsignals werden sowohl die Zeitdifferenz zwischen Sendesignal und eintreffenden Echos, als auch der Pegel der Echosignale selbst gespeichert und durch Aussenden eines neuerlichen Prüfsignals überprüft und bei Bedarf korrigiert. Mit Hilfe dieser Parameterwerte können die Echos jedes Sendesignals nachgebildet und zur „Echolöschung“ verwendet werden.

Da die Kanaleigenschaften nicht konstant sind und die Parameter sich über lange Zeiträume verändern können, müssen diese Parameterwerte z.B. vor jedem Verbindungsaufbau überprüft und an die jeweiligen Verhältnisse angepasst werden. Aus dem dabei gewonnenen Dif-

ferenzsignal lässt sich ein Regelsignal ableiten, welches die Parameter des Nachbildungs-
vorgangs laufend nachstellt.

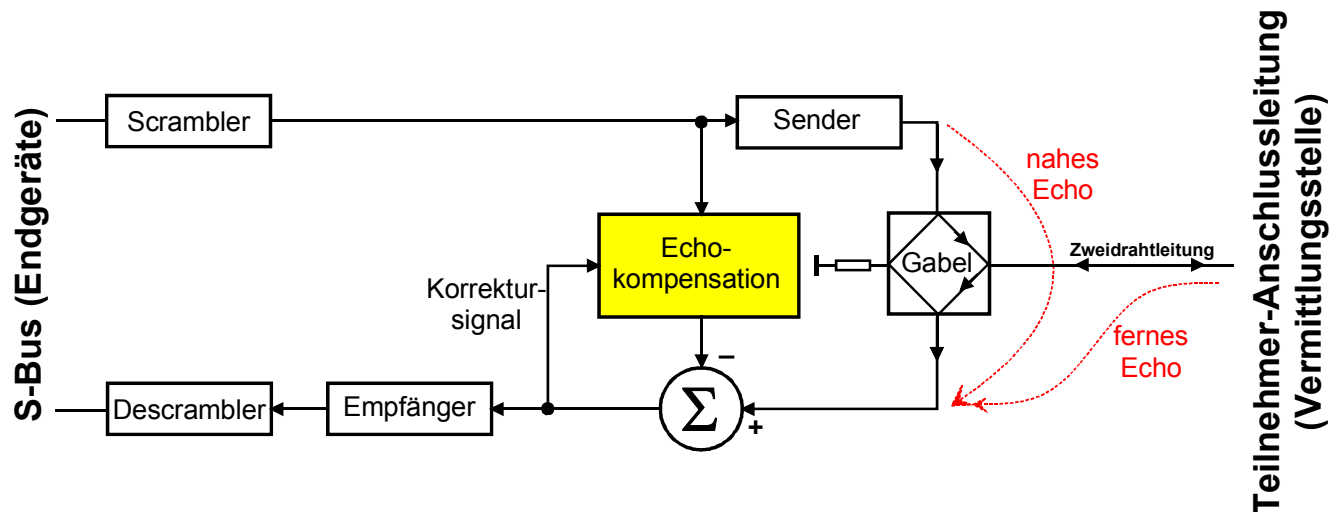


Bild 19 Richtungstrennung auf der Teilnehmer-Anschlussleitung

Das Verfahren kann aber nur dann wirkungsvoll arbeiten, wenn das empfangene Nutzsignal nicht zufällig mit dem gesendeten Signal übereinstimmt. Da dieser Fall häufig auftritt, etwa bei der Signalübertragung zwischen einem vollduplex Terminal mit dem Host-Computer, der das empfangene Zeichen als Echo zum Terminal zurücksendet, muss durch vorsorgliche Verwüfelung der Nachrichten zwischen den Stationen diese Signalübereinstimmung über lange Zeiträume verhindert werden.

Diese Verwüfelungseinrichtungen sind elektronische Schaltungen, die eine Pseudozufallsfolge erzeugen indem sie die ursprüngliche Kette von Bits in eine andere Kette umwandeln, die wie eine zufällige Folge von Nullen und Einsen aussieht. Die Verwüfelungsschaltung auf der Amtsseite entspricht einem 23-stelligen Schieberegister, mit Anzapfungen an der 1. und 5. Stelle. Diese Anzapfungen werden mit dem Ausgang in einer Exklusiv-Oder Schaltung verknüpft. Mathematisch ausgedrückt handelt es sich dabei um ein Generatorpolynom der Form $1+x^5+x^{23}$. Die Gegenrichtung, vom Endgerät zum Amt, benutzt die Formel $x^{23}+x^{18}+1$.

Echokompensation

Sendet eine Station immer Gruppen von n Bits, dann gibt es 2^n verschiedene Gruppen. Bei Gruppen zu 8 Bit (Oktett) sind das 256 mögliche Oktetts. Jede dieser Gruppen hat bei einem gegebenen Kanal ein bestimmtes, zugehöriges Echo. Dieses typische Echo wird sich nie ändern, sofern die Kanalparameter konstant bleiben. Speichert man nun die Echos aller 256 möglichen Oktetts in digitaler Form in einem RAM mit der notwendigen Genauigkeit, dann kann eine Echokompensation in der Weise erfolgen, dass aus der gesendeten Nachricht jedes Oktett als Adresse verwendet wird, die zu der abgespeicherten Signalform des dazu passenden Echos führt. Da sich die Parameter ständig ändern können muss der Dateninhalt des RAMs ständig nachkontrolliert und bei Bedarf nachgestellt werden,.

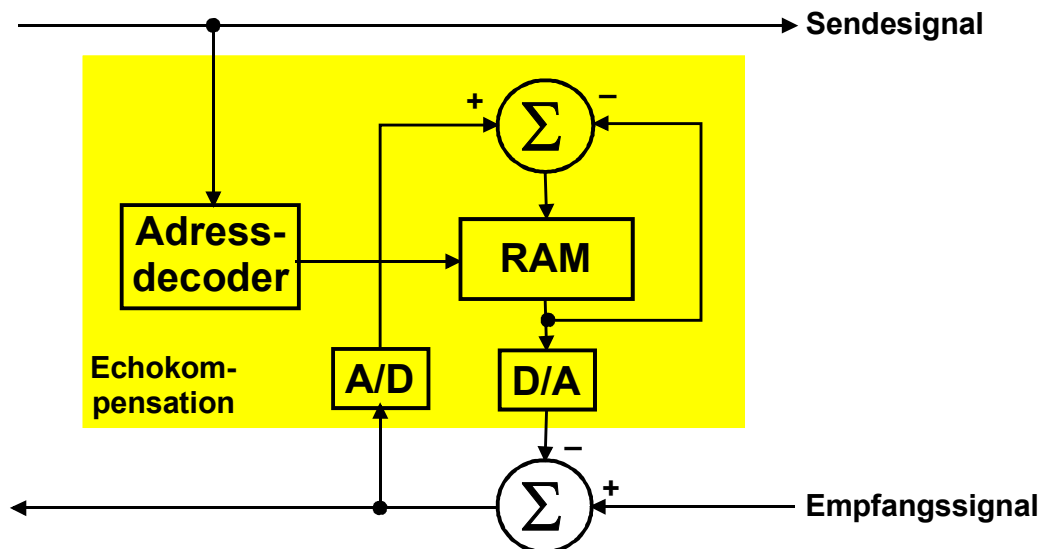


Bild 20 Echokompensator

5 S₀ - Schnittstelle

5.1 Übertragungscode

(15a) Zwischen Teilnehmerendgerät (TE) und Netzabschluss (NT) erfolgt die Datenübertragung mit dem modifizierten, pseudoternären AMI-Code vollduplex über den vierdrähtigen S-Bus. Bei diesem Code wird die binäre "1" durch den Signalwert "stromlos", d.h. potentialfrei, die binäre "0" durch wechselnde positive und negative Impulse dargestellt.

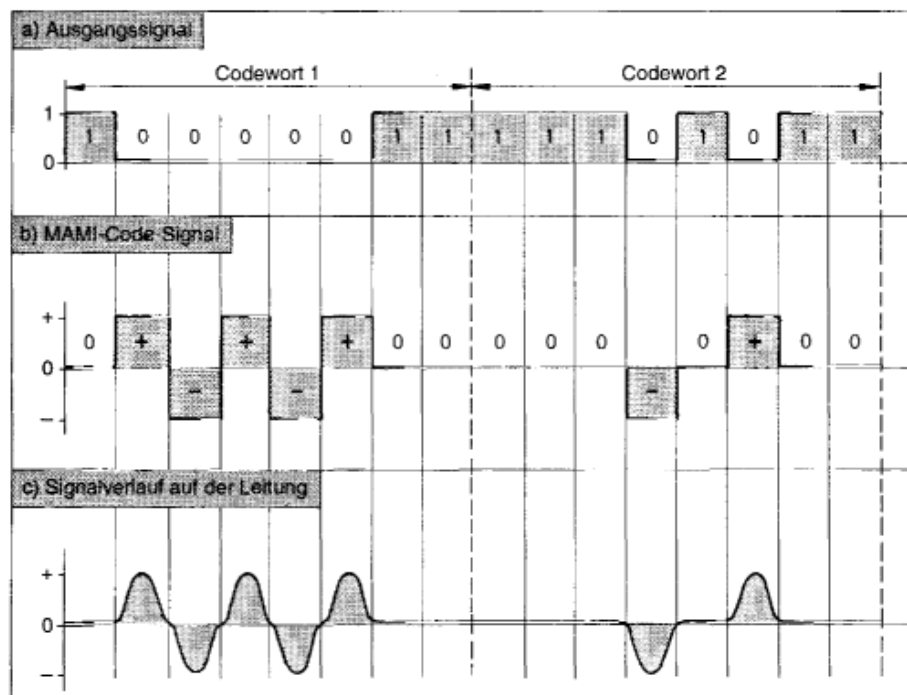


Bild 21 Modifizierter AMI-Code

(15b) Die Daten werden in Pulsrahmen von 250 µs Länge und 48 Bit je Pulsrahmen übertragen; dadurch ergibt sich die Länge eines Bits mit 5,2 µs und eine Übertragungsgeschwindigkeit von 192 kbit/s. Aus übertragungstechnischen Gründen sind die Pulsrahmen am kommenden und am gehenden S-Bus um zwei Bit gegeneinander versetzt. Der Rahmen beginnt mit dem Rahmensignal, das immer aus einem positiven Impuls besteht, dem ein negativer Impuls folgt. Die erste, dem Rahmensignal folgende binäre "0" ist immer negativ.

Datenfluss	EG → NT	EG ← NT	Bemerkung
Basiskanal 1	2 x 8 bit = 16 bit	2 x 8 bit = 16 bit	Nutzdaten
Basiskanal 2	2 x 8 bit = 16 bit	2 x 8 bit = 16 bit	Nutzdaten
D-Kanal	2 x 2 bit = 4 bit	2 x 2 bit = 4 bit	Signalisierungsdaten
Echokanal	----	2 x 2 bit = 4 bit	Zugriff auf den S-Bus
	12 bit	8 bit	Rahmenkennung, Gleichstromfreiheit
Summe	48 bit	48 bit	

Tabelle 4 Bitzuordnung am S₀-Bus

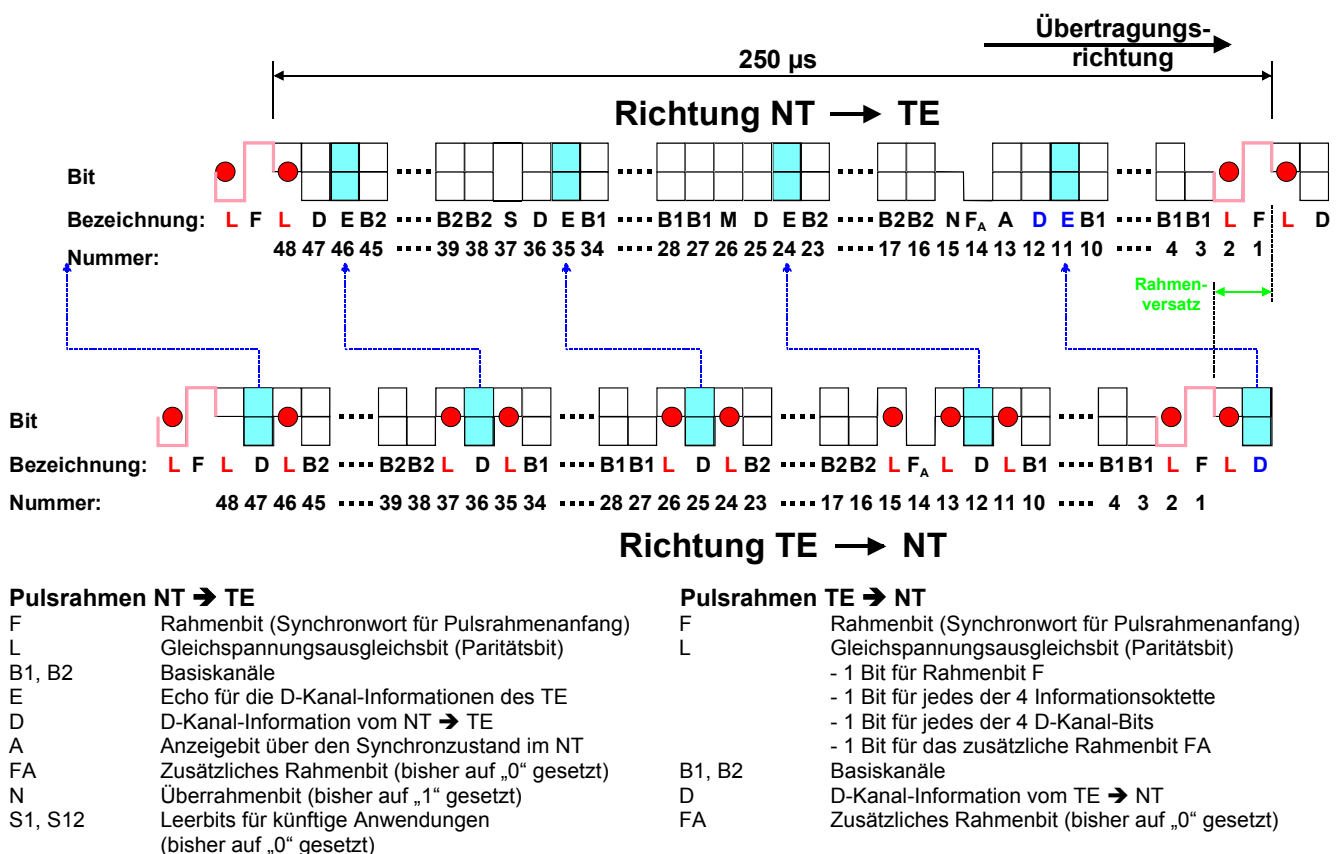


Bild 22 Rahmenstruktur am S-Bus

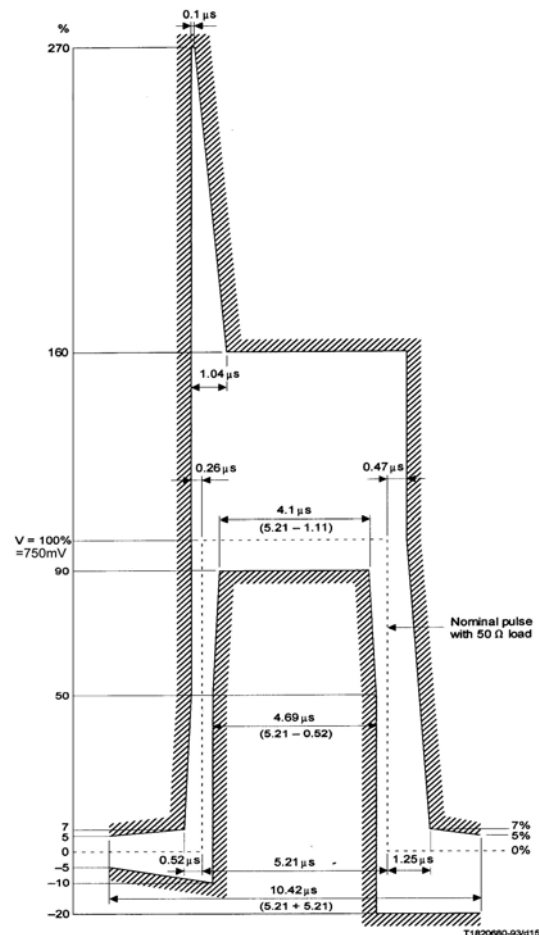


Bild 23 Signalform am S-Bus nach ITU-T I.340

5.2 D-Kanalzugriff

(16a) Für den Zugriff auf den D-Kanal wird das Verfahren CSMA-CA (Carrier Sense, Multiple Access, Collision Avoidance) eingesetzt. Bei diesem Verfahren werden die D-Kanal-Bits des zur Vermittlungsstelle gehenden Übertragungsweges im sog. Echokanal des von der VSt kommenden Übertragungsweges gespiegelt und zu den Endgeräten zurückgeführt. Endgeräte, welche den D-Kanal benutzen wollen müssen diese Echobits lesen und bearbeiten. Da alle an den S₀-Bus angeschlossenen Endgeräte das Echobit gleichzeitig lesen müssen darf die max. Signallaufzeit am Bus nicht mehr als 2,5 µs betragen.

Da sich eine logische Null gegenüber einer logischen Eins durchsetzt ist beim CSMA-CA Verfahren der Ruhezustand im D-Kanal mit einer DAUER-EINS festgelegt, d.h. Endgeräte, die keine Information übertragen, senden das binäre Signal "EINS", das dem Potential 0 Volt entspricht. Diese DAUER-EINS im Echokanal dient als "Freikennzeichen" für Endgeräte, die Information auf dem gemeinsamen D-Kanal übertragen wollen.

Aufgrund des HDLC-Verfahrens zur gesicherten Datenübertragung auf dem D-Kanal ist sichergestellt, dass im Datenstrom nie mehr als 7 x log. „1“ aufeinanderfolgen. Endgeräte die

den D-Kanal benützen wollen müssen daher im E-Kanal entsprechend ihrer Prioritätskategorie bei

- hoher Priorität 8 x log. „1“ und bei
- niedriger Priorität 10 x log. „1“ in unmittelbarer Folge lesen.

Nach einem erfolgreichen Zugriff auf den D-Kanal muss das Endgerät seinen Prioritätszähler um eins erhöhen – auf 9 bzw. 11 – damit auch andere, gleich priorisierte Endgeräte eine Chance auf einen D-Kanalzugriff erhalten.

(16b) Bei gleichzeitigem Sendebeginn mehrerer Endgeräte setzt sich jenes Endgerät durch, welches zuerst eine logische „0“ sendet. Das Endgerät welches die log. „1“ gesendet hat erkennt die Kollision und stoppt sofort die weitere Aussendung, während das andere Endgerät nichts von der Kollision merkt und ungehindert weitersendet. Das unterlegene Endgerät muss wieder auf 8 bzw. 10 log. „1“ warten.

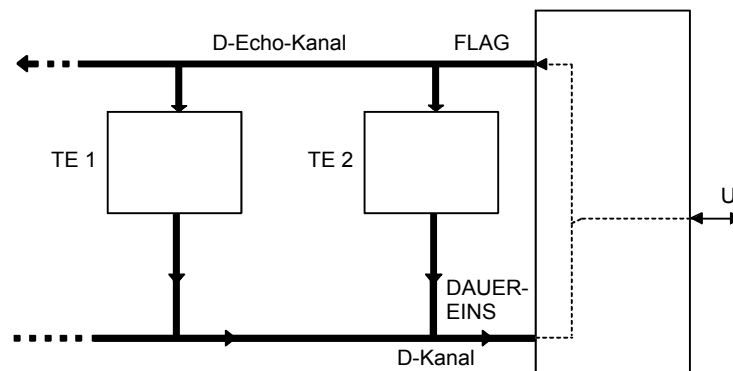


Bild 24 D-Kanal Zugriffssteuerung

5.3 Endgerätespeisung

(17a) Die am S_0 -Bus angeschlossenen Fernsprechengeräte werden unter normalen Bedingungen vom NT mittels einer Phantomschaltung über den S-Bus gespeist⁶. Fällt die Netzspannung aus, kann ein für „Notstromversorgung“ geschaltetes Endgerät über die Teilnehmer-Anschlussleitung von der Vermittlungsstelle gespeist werden. Dateneneinrichtungen und multifunktionale Endgeräte haben in der Regel eine eigene Netzversorgung.

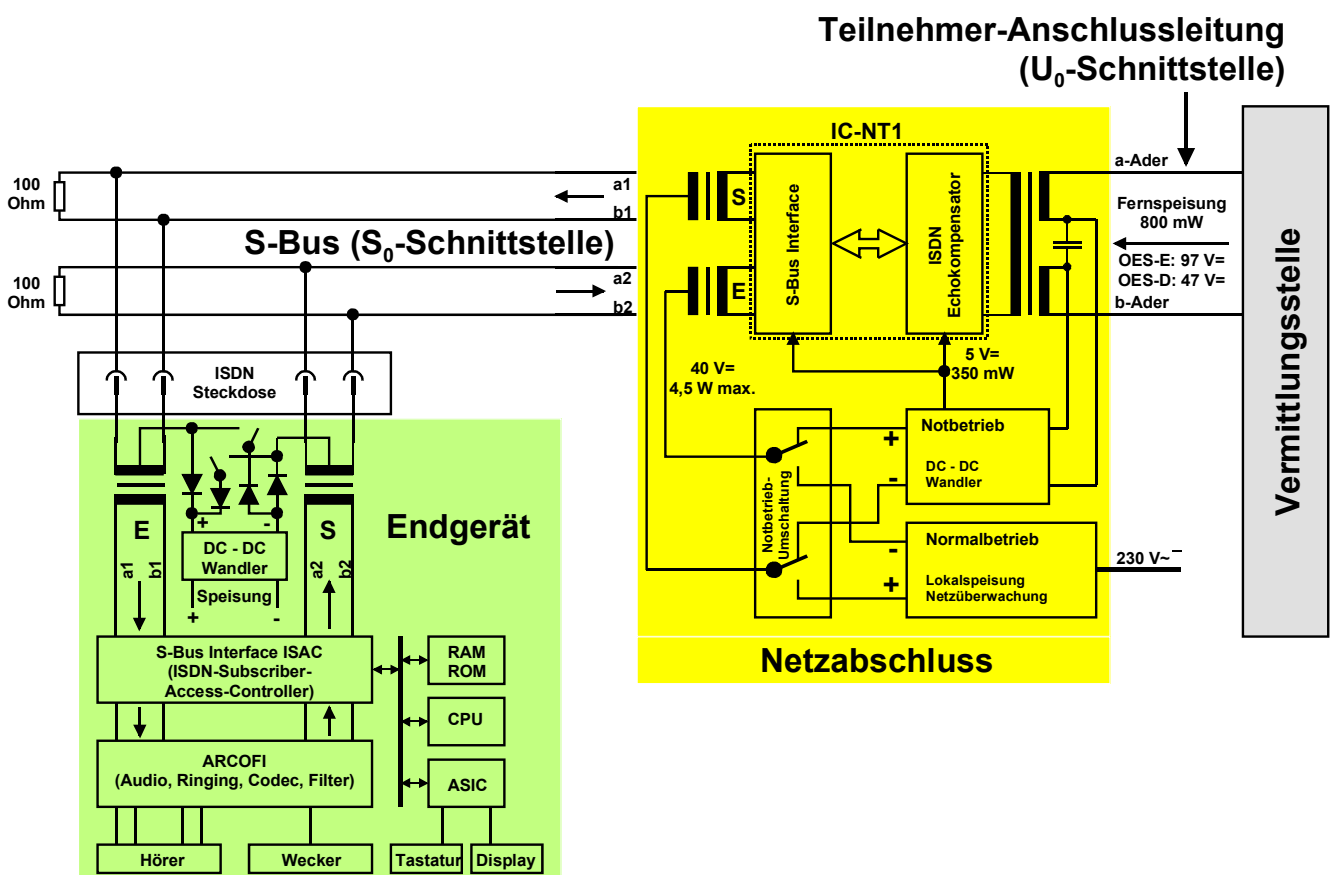


Bild 25 Prinzip der Endgerätespeisung

(17b) Die Speisung am S_0 -Bus erfolgt über einen Phantomkreis (die beiden Mittelanzapfungen an den S_0 -Übertragern). Im Notspeisefall wird diese Einspeisung umgepolt. Nur der Fernsprechapparat, der für die Notspeisung vorgesehen ist (Einstellung am Apparat), kann die Speisung in beiden Richtungen empfangen.

Im Normalbetrieb kann der NT eine maximale Leistung von 4,5 W liefern. Im Notbetrieb wird nur ein Fernsprechengerät mit 410 mW gespeist. Dieses Telefon muss im Notspeisebetrieb nur die Grundfunktionen ausführen können (Verbindungsaufbau, Verbindungsabbau, Anrufsignalisierung, Sprech- und Hörfunktion).

Im Ruhezustand wird nur ein kleiner Ruhestrom eingespeist. Die Spannungsversorgung wird bei einer Aktivität am S_0 -Bus durch ein spezielles Aktivierungsprotokoll "hochgefahren". Die Aktivierung ist von beiden Seiten (TE oder VSt) aus möglich.

⁶ Sendepaar (1a, 1b): Minuspol, Sendepaar (2a, 2b): Pluspol

6 Kontrollfragen

1. Welche grundsätzlichen Möglichkeiten bietet der ISDN-Basisanschluss dem Teilnehmer?
2. Welche Anschlusskonfigurationen des Basisanschlusses kennen Sie?
3. Nennen Sie die Referenzpunkte des ISDN-Basisanschlusses und ihre Aufgaben.
4. Aus welchen Übertragungsabschnitten besteht die Verbindung zwischen ISDN-Endgerät und Vermittlungsstelle?
5. Nennen Sie die Merkmale der ISDN-Teilnehmer-Anschlussleitung.
6. Nennen Sie die Merkmale des ISDN-S-Busses.
7. Welche grundsätzlichen Aufgaben muss ein NT erfüllen?
8. Beschreiben Sie die Eigenschaften eines Installationskabels in „Sternvierer-Ausführung“.
9. Warum ist der S-Bus mit 100 Ω Widerständen abzuschließen?
10. Welche Randbedingungen sind bei der S-Bus-Installation zu berücksichtigen?
11. Welche S-Bus-Varianten kennen Sie?
12. Beschreiben Sie die Aufgaben von ISAC und ARCOFI.
13. Welcher Übertragungscode wird auf der U_{K0} -Schnittstelle eingesetzt und wie sieht die Rahmenstruktur aus?
14. Welches Richtungstrennungsverfahren wird beim Euro-ISDN eingesetzt und wie ist seine prinzipielle Funktion?
15. Welcher Übertragungscode wird auf der S_0 -Schnittstelle eingesetzt und wie sieht die Rahmenstruktur aus?
16. Wie erfolgt der D-Kanalzugriff?
17. Wie erfolgt die Endgerätespeisung am S-Bus und welche Möglichkeiten sind dafür vorgesehen?

7 Bilder und Tabellen

Bild 1	ISDN-Basisanschluss – Punkt-Mehrpunkt-Konfiguration	3
Bild 2	ISDN-Basisanschluss – Punkt- Punkt -Konfiguration	3
Bild 3	Referenzkonfiguration	4
Bild 4	Datenübertragung zwischen Endgerät und Vermittlungsstelle	4
Bild 5	Endgerätespeisung	6
Bild 6	Prinzipschaltbild eines Netzabschlusses.....	7
Bild 7	Anordnung der Schalter und Klemmen	9
Bild 8	Installationskabel für den S ₀ -Bus	10
Bild 9	ISDN-Steckdosenausführungen.....	11
Bild 10	Stecker RJ 45 für das Endgerät.....	11
Bild 11	Beschaltungsübersicht	11
Bild 12	S-Bus (4-Draht Bus) - Prinzipschaltung	12
Bild 13	kurzer passiver S ₀ -Bus (klassisch, NT am Ende des Busses).....	13
Bild 14	kurzer passiver S ₀ -Bus (NT innerhalb des Busses).....	13
Bild 15	erweiterter passiver S ₀ -Bus (300 ... 500 m)	14
Bild 16	Blockdiagramm eines ISDN-Telefons	14
Bild 17	Prinzip des 2B1Q-Codes	15
Bild 18	Pulsrahmenstruktur auf der U-Schnittstelle	16
Bild 19	Richtungstrennung auf der Teilnehmer-Anschlussleitung.....	17
Bild 20	Echokompensator.....	18
Bild 21	Modifizierter AMI-Code	18
Bild 22	Rahmenstruktur am S-Bus	19
Bild 23	Signalform am S-Bus nach ITU-T I.340	20
Bild 24	D-Kanal Zugriffssteuerung	21
Bild 25	Prinzip der Endgerätespeisung.....	22
Tabelle 1	Eigenschaften der U _{K0} -Schnittstelle.....	5
Tabelle 2	Eigenschaften der S ₀ -Schnittstelle.....	5
Tabelle 3	Einstellung der Betriebsart.....	9
Tabelle 4	Bitzuordnung am S ₀ -Bus	19

8 Abkürzungen

AC.....	Alternating Current, Wechselstrom
ASIC	Application Specific Integrated Circuit
ARCOFI	Audio Ringing Codec Filter
BA	Basic Access, Basisanschluss
DC	Direct Current, Gleichstrom
ET	Exchange Terminal
ETSI.....	European Telecommunication Standards Institute
IAE	ISDN-Anschlusseinheit
IOM.....	ISDN Oriented Modular-Bus
ISAC	ISDN-Subscriber-Access-Controller
ISDN	Integrated Services Digital Network, Digitalnetz mit Diensteintegration
ISO	International Standards Organization
ITU-T.....	Internationale Telegraphen Union, Abteilung Telekommunikation
LT	Line Terminal, Leitungsabschluss
MAMI	modifizierter AMI-Code
NT	Network Termination, Netzabschluss(gerät)
NTBA	Network Termination for Basic Access, Netzabschlussgerät für Basisan- schluss
TA	Terminal Adaptor
TE	Terminal Equipment, Endgerät
TVSt.....	Teilnehmervermittlungsstelle
UAE	Universal-Anschluss-Einheit
VSt.....	Vermittlungsstelle

9 Literatur

- [1] Dieter Conrads, Datenkommunikation, Vieweg & Sohn, 1. Auflage, 1989, ISBN 3-528-04589-2
- [2] Ulrich Freyer, Nachrichtenübertragungstechnik, 3. Auflage, Carl Hanser Verlag, 1994, ISBN 3-446-17724-8
- [3] Gunther Althage (Hrsg), Digitale Vermittlungssysteme für Fernsprechen und ISDN, R.v.Decker's Verlag, 1991, ISBN 3-7685-0689-4
- [4] Telekommunikationstechnik, 6. Auflage, Verlag Europa Lehrmittel, 1995, ISBN 3-8085-3346-3
- [5] SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Topic 7 Digital-Fernsprechen
- [6] Gerd Siegmund, Technik der Netze, 3. Auflage, R.v.Decker's Verlag, 1996, ISBN 3-7685-2495-7
- [7] SIEMENS, Halbleiter – technische Erläuterungen und Kenndaten für Studierende, 1990, ISBN 3-8009-1554-5
- [8] Beuth/Hanebuth/Kurz, Nachrichtentechnik – Elektronik 7, 1. Auflage, Vogel Fachbuchverlag, 1996, ISBN 3-8023-1401-8
- [9] Taschenbuch der Telekommunikation 1999, Fachbuchverlag Leipzig
- [10] Herald Gessinger, e&i , 106. Jahrgang – Heft 11 1989
- [11] Peter Bocker, ISDN – Digitale Netze für Sprach-, Text-, Daten-, Video- und Multimedia-kommunikation, vierte, erweiterte Auflage, Springer Verlag, 1997, ISBN 3-540-57431-X
- [12] Peter Bocker, ISDN das diensteintegrierende digitale Nachrichtennetz, Springer Verlag, 1986, ISBN 3-540-15727,1
- [13] Robert Schoblick, EURO-ISDN im praktischen Einsatz, 3. Auflage, Franzis Verlag, 1996, ISBN 3-7723-4483-6
- [14] Hermann Müller, Grundlagen Protokoll DSS1, Leybold Didactic GmbH
- [15] Die EURO-ISDN CD, Francis Verlag
- [16] Herald Gessinger, Euro-ISDN Grundlagen, Alcatel Austria Wien, 1996
- [17] SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Topic 9 Zeichengabesystem Nr.1 für ISDN-Teilnehmerleitungen (DSS1)