

# SCHNITTSTELLENBESCHREIBUNG DER KOMRO GMBH

nach §5 FTEG

---

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>GRUNDLEGENDES</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>ANSCHLUSS-VARIANTEN</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>SCHNITTSTELLEN – DOCSIS TECHNOLOGIE (IN HFC/FTTB/FTTH NETZEN)</b>	<b>2</b>
3.1	Endgeräte (Kabelmodem/ Kabel-Router)	3
3.2	Hardware-Anforderungen	3
3.3	Management	3
3.4	Firmware-Update	3
3.5	Sonstige Einstellungen wie für Firewall oder Heimnetzwerke	4
3.6	Gebrandete Hardware	4
3.7	Netzwerk-HF-Eigenschaften	4
3.7.1	Downstream Parameter	4
3.7.2	Upstream Parameter	4
<b>4</b>	<b>SCHNITTSTELLEN – GLASFASER TECHNOLOGIE (IN FTTX NETZEN)</b>	<b>4</b>
4.1	Active Ethernet (Ethernet Point to Point) – LWL-Direktanschluss	4
4.2	GPON - FTTx (Fiber-to-the-home/building)	6
<b>5</b>	<b>SCHNITTSTELLEN – KUPFER 2-DRAHT TECHNOLOGIE (IN FTTC, FTTB NETZEN)</b>	<b>7</b>
5.1	VDSL – FTTC (Fibre to the curb)	7
5.2	VDSL – FTTB (Fibre to the building)	7
5.3	G.fast – FTTB (Fibre to the building)	8
<b>6</b>	<b>SCHNITTSTELLEN - SIP – TELEFONIE IM DETAIL</b>	<b>8</b>
<b>7</b>	<b>SCHNITTSTELLEN - ETHERNET IM DETAIL</b>	<b>8</b>
<b>8</b>	<b>TIPPS ZUR KOMPATIBILITÄT VON ENDGERÄTEN</b>	<b>9</b>
<b>9</b>	<b>ALLGEMEINER HINWEIS ZU ENDGERÄTEN</b>	<b>9</b>
<b>10</b>	<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS</b>	<b>10</b>
<b>11</b>	<b>QUELLEN</b>	<b>12</b>

---

## 1 Grundlegendes

Diese technische Spezifikation beschreibt die übertragungstechnischen Parameter der Schnittstellen des Telekommunikationsnetzes der komro GmbH (nachfolgend als komro bezeichnet).

Ab dem 01.08.2016 gelten die Bestimmungen des TK-Endgerätegesetzes (TK=Telekommunikation) zur sogenannten Routerfreiheit. Für Sie bedeutet diese Änderung, dass Sie vom 1. August 2016 an TK-Endgeräte Ihrer Wahl an jedem Netzabschluss eines öffentlichen Telekommunikationsnetzes einsetzen können.

Die nötigen Informationen werden wir hier veröffentlichen.

Auszug aus § 5 FTEG (Schnittstellenbeschreibungen der Netzbetreiber)

1. Betreiber öffentlicher Telekommunikationsnetze sind verpflichtet,
  - 1.1. genaue und angemessene technische Beschreibungen ihrer Netzzugangsschnittstellen bereitzustellen und zu veröffentlichen sowie der Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen unmittelbar mitzuteilen und
  - 1.2. regelmäßig alle aktualisierten Beschreibungen dieser Netzschnittstellen zu veröffentlichen und der Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen unmittelbar mitzuteilen.

Die Verpflichtung des Satzes 1 Nr. 1.1 gilt auch für jede technische Änderung einer vorhandenen Schnittstelle. Die Schnittstellenbeschreibung muss hinreichend detailliert sein, um den Entwurf von Telekommunikationsendeinrichtungen zu ermöglichen, die zur Nutzung aller über die entsprechende Schnittstelle erbrachten Dienste in der Lage sind. Der Verwendungszweck der Schnittstelle muss angegeben werden.

2. Die Schnittstellenbeschreibungen müssen alle Informationen enthalten, damit die Hersteller die jeweiligen Prüfungen in Bezug auf die für die jeweilige Telekommunikationsendeinrichtung geltenden schnittstellenrelevanten grundlegenden Anforderungen nach eigener Wahl durchführen können. [...]

Die im Folgenden veröffentlichten technischen Spezifikationen beschreiben ausschließlich die Schnittstelle des passiven Netzabschlusses des öffentlichen Telekommunikationsnetzes der komro.

## 2 Anschluss-Varianten

- ▶ Kabel-Anschluss (DOCSIS)
- ▶ Glasfaser-Anschluss (Point to Point, GPON)
- ▶ xDSL-Anschluss (VDSL), G.fast-Anschluss
- ▶ Telefonie-Anschluss
- ▶ Ethernet-Anschluss

## 3 Schnittstellen – DOCSIS Technologie (in HFC/FTTB/FTTH Netzen)

Die Schnittstellenbeschreibung im Kabelanschlussbereich besteht aus:

- ▶ den **ANGA-Schnittstellenspezifikationen für DOCSIS 3.1** (siehe „Schnittstellenbeschreibung“ im Downloadbereich auf der komro Homepage), welche die grundlegenden Betriebsparameter wiedergeben, die am passiven Netzabschlusspunkt für die Erbringung von Telekommunikationsdiensten erwartet werden. Diese basieren auf der EN-60728-Normenserie und den DOCSIS 3.1-Spezifikationen der CableLabs, sowie den gemeinsam bestehenden Netzkonfigurationen der ANGA-Kabelnetzbetreiber
- ▶ den **Providerspezifischen Teil** (siehe Punkt 3.1– 3.7)

## 3.1 Endgeräte (Kabelmodem/ Kabel-Router)

Das vom Kunden eingesetzte Endgerät muss für Euro-DOCSIS 3.1 zertifiziert sein. Erforderlich ist eine Mitteilung über Hersteller, Gerätetyp und Seriennummer des zu aktivierenden Endgerätes, sowie die verwendete CM-MAC/HFC-MAC und MTA-MAC-Adresse.

Nur so ist sichergestellt, dass die Konformität mit den Systemen der komro gegeben ist. Diese umfasst z.B. die an das CMTS zurückgelieferten Pegelwerte, die Zuweisung von IP-Adressen und DNS-Servern.

Dem Endgerät wird während der Registrierung eine netzinterne IP-Adresse sowie eine Konfigurationsdatei zugewiesen, welche durch die komro erstellt wurde.

Somit wird die Einhaltung zugewiesener Leistungsparameter, wie Download und Upload-Geschwindigkeiten, gewährleistet.

## 3.2 Hardware-Anforderungen

Um die Qualität der Übertragung im Downstream (Download) zu gewährleisten, werden nur Endgeräte unterstützt, welche eine Bündelung (d.h. die zeitgleiche Nutzung) von mindestens, der folgenden Übersicht zu entnehmenden, zusammenhängenden Kanälen unterstützt:

DOCSIS Standard	Downstream	Upstream
DOCSIS 3.1	2 OFDM und 32 SC-QAM Kanäle	2 OFDMA und 8 SC-QAM Kanäle

## 3.3 Management

Für Diagnose-Maßnahmen ist es erforderlich technische Kenndaten, wie z.B. Pegelwerte und Empfangsqualität genutzter Kanäle, vom Endgerät auszulesen. Hierfür muss der SNMP-Zugriff auf das Endgerät vom Kunden zugelassen werden.

Der Zugriff ist nur aus dem komro-Netz möglich. Vom Kunden selbst eingestellte Zugangsdaten wie WLAN-Passwörter und Netzwerkfreigaben können und werden nicht durch komro ausgelesen.

## 3.4 Firmware-Update

Nach Spezifikation ist ein DOCSIS kompatibles Firmware Update nur über den RF Port via des CMTS (Cable Modem Termination System) möglich (siehe ANGA Spezifikation). Sollten Sie auf dem verwendeten Endgerät ein Firmware Update einspielen wollen, stellen Sie bitte die Firmware im benötigten Format, die Seriennummer und MAC Adresse zur Verfügung. Wir werden dann das Update nach DOCSIS

- Spezifikation durchführen. Die komro übernimmt keine Haftung bei fehlerhafter zur Verfügung gestellten Software-Updates und behält sich das Recht vor, ein Firmware-Update am Endgerät nicht durchzuführen, sofern Bedenken zu Herkunft und Funktion der Software bestehen.

### 3.5 Sonstige Einstellungen wie für Firewall oder Heimnetzwerke

Durch komro werden keine Einstellungen, wie z. B. für Heimnetzwerke (WLAN/LAN), Firewall-Konfiguration, am kundeneigenen Endgerät durchgeführt.

### 3.6 Gebrandete Hardware

Endgeräte mit einer speziellen Provider-Software (sogenannte „gebrandete“ Geräte) werden durch komro nicht unterstützt.

Begründung: In der Software der Endgeräte wurden spezielle Werte vom ausgebenden Provider fest voreingestellt, die mit dem komro DOCSIS-Netz nicht kompatibel sind. Diese Einstellungen lassen sich auch nicht durch einen Reset (bzw. Funktion auf Werkseinstellung zurücksetzen) des Endgerätes löschen.

### 3.7 Netzwerk-HF-Eigenschaften

#### 3.7.1 Downstream Parameter

DOCSIS 3.1	
Kanäle:	OFDM-Kanäle mit einer Breite von 24 bis zu 192 MHz
Frequenzbereich:	Muss 112 bis 1218 MHz betragen
OFDM-Signalpegel (pro 6 MHz):	muss 54 bis 74 dB (dbµV) betragen
OFDM MER:	Das Endgerät wird die am besten geeigneten Modulation verwenden

#### 3.7.2 Upstream Parameter

DOCSIS 3.1	
Kanäle:	OFDMA-Kanäle mit einer Breite von 6,4 bis zu 96 MHz
Frequenzbereich:	muss 5 bis 204 MHz betragen

## 4 Schnittstellen – Glasfaser Technologie (in FTTx Netzen)

### 4.1 Active Ethernet (Ethernet Point to Point) – LWL-Direktanschluss

Technische Parameter allgemein:

Parameter	Standardspezifikation nach IEEE
VLAN-Tags	802.1Q

# SCHNITTSTELLENBESCHREIBUNG DER KOMRO GMBH

nach §5 FTEG

Paket-Priorisierung nach	802.1p
<b>Parameter</b>	<b>Wert</b>
Duplex	Full
AutoNegotiation	Aktiviert
Max MTU Size	9600 bytes
<b>Weiterleitungsrate in Daten-Pakete/s</b>	<b>Datenrate in Mbit/s</b>
14881 pps	10 Mbps
148810 pps	100 Mbps
1488100 pps	1000 Mbps

Folgende Ethernet Protokolle müssen unterstützt werden:

<b>Schnittstelle</b>	<b>Standardspezifikation nach IEEE</b>
10Base-T (twisted pair)	IEEE 802.3 / IEEE 802.3 Clause 24
100Base-TX (twisted pair)	IEEE 802.3u / IEEE 802.3 Clause 25
1000Base-T (twisted pair)	IEEE 802.3ab / IEEE 802.3 Clause 40
1000 Mbit/s (optisch)	IEEE 802.3z / IEEE 802.3 Clause 38
10 Gbit/s (optisch)	IEEE 802.3ae / IEEE 802.3 Clause 52

Genutztes Wellenlängenfenster am optischen Kundenschluss bei Verwendung von BiDi SFPs:

<b>Richtung (Receive/Transit)</b>	<b>Wellenlänge in nm</b>
Data RX	1310nm
Data TX	1550nm

Technische Parameter 1310xmt/1550rcv

<b>Am Interface</b>	<b>Leistungen in dB am BiDi SFP</b>
MinTX Power	-14 db
MaxTX Power	-8 db
MinRX Power	-31 db
PowerBudget	23 db

Stecker am Netzabschlusspunkt:

- ▶ LC/APC 8° oder
- ▶ E2000/APC 8°

# SCHNITTSTELLENBESCHREIBUNG DER KOMRO GMBH

nach §5 FTEG

Bitte informieren Sie sich im Kundenzentrum vorab über den genauen Stecker-Typ in der gewünschten Liegenschaft.

## 4.2 GPON - FTTx (Fiber-to-the-home/building)

Der Anschluss am GPON System erfolgt nach folgenden Spezifikationen:

- ▶ ITU-T G.984.1 (Gigabit Passive Optical Network)
- ▶ ITU-T G.984.2 (GPON: Physical Media Dependent (PMD) layer specification)
- ▶ ITU-T G.984.3 (GPON: Transmission convergence layer specification)
- ▶ ITU-T G.984.4 (GPON: ONT management and control interface specification –OMCI)

Übertragung:

Typ, Richtung (Receive/Transit)	Wellenlänge in nm
Data TX / Upstream	1310nm
Data RX / Downstream	1490nm
RF RX / Downstream (RF Overlay)	1550nm

Stecker am Netzabschlusspunkt (vom Übergabepunkt zum ONT / Endgerät):

- ▶ LC/APC 8°
- ▶ E2000/APC 8°

Bitte informieren Sie sich im Kundenzentrum vorab über den genauen Stecker-Typ in der gewünschten Liegenschaft (wichtig bei optischer Inhouse-Verkabelung).

Bei GPON Anschlüssen wird von komro ein ONT inkl. passendes Glasfaser-Kabel in einer Standardlänge mit Ihrem Vertrag bereitgestellt.

Bei Verwendung eines kundeneigenen Endgerätes (muss der genannten Spezifikation entsprechen) ist eine Mitteilung an komro über Hersteller, Gerätetyp, Modem-ID / Seriennummer des zu aktivierenden Endgerätes erforderlich.

Schnittstelle am Netzabschlusspunkt (ONT Übergabepunkt):

Schnittstelle	Standardspezifikation nach IEEE
Stecker-Typ	RJ45
Schnittstellentyp	100Base-T / 1000Base-T
AutoNegotiation	Aktiviert
Duplex	Full

Bitte informieren Sie sich im Kundenzentrum vorab über den genauen Stecker-Typ in der gewünschten Liegenschaft.

# SCHNITTSTELLENBESCHREIBUNG DER KOMRO GMBH

nach §5 FTEG

Bitte beachten Sie zusätzlich die herstellerspezifische Systembeschreibung für ISAM mit NANT-D, -E und FANT-F (Teil der Produktdokumentation). Sollten Sie Rückfragen zur Implementierung einzelner Features benötigen wenden Sie sich bitte direkt an den Hersteller Nokia (ehemals Alcatel Lucent) - [www.nokia.de](http://www.nokia.de)

## 5 Schnittstellen – Kupfer 2-Draht Technologie (in FTTC, FTTB Netzen)

### 5.1 VDSL – FTTC (Fibre to the curb)

Voraussetzung für die Nutzung eines eigenen Endgerätes an einem VDSL-Anschluss ist ein VDSL2 fähiges Modem.

Folgende Spezifikationen müssen dabei erfüllt sein:

	Standardspezifikation
VDSL Standard	ITU-T G.993.2
Voice / Management IP	Adresse über DHCPv4
Daten IP-Adresse	DHCPv4 nach RFC 2131 und DHCPv6 nach RFC 3736
VDSL-Profil	17a
DPBO (Dynamic Power BackOff)	nach Prüfbericht Nr. 3, für VDSL2 Einsatz am HVt der Telekom (H17 und H18)

### 5.2 VDSL – FTTB (Fibre to the building)

Voraussetzung für die Nutzung eines eigenen Endgerätes an einem VDSL - Anschluss ist ein VDSL2 fähiges Modem.

Folgende Spezifikationen müssen dabei erfüllt sein:

	Standardspezifikation
VDSL Standard	ITU-T G.993.2
Voice / Management IP	Adresse über DHCPv4
Daten IP-Adresse	DHCPv4 nach RFC 2131 und DHCPv6 nach RFC 3736
VDSL-Profil	17a und 30A (je nach Beschaffenheit der Leitungen im Haus)
ADSL-Profil	ITU-T G.992.5 ADSL2 Spectrum wird nicht verwendet
DPBO (Dynamic Power BackOff)	nach Prüfbericht Nr. 3, für VDSL2 Einsatz am HVt der Telekom (H17 und H18)

## 5.3 G.fast – FTTB (Fibre to the building)

Voraussetzung für die Nutzung eines eigenen Endgerätes an einem G.fast-Anschluss ist ein G.fast fähiges Modem.

Folgende Spezifikationen müssen dabei erfüllt sein:

	Standardspezifikation
G.fast	ITU-T G.9700 (G.FAST Spektrum) und G.9701 (Physical Layer)
Voice / Management IP	Adresse über DHCPv4
Daten IP-Adresse	DHCPv4 nach RFC 2131 und DHCPv6 nach RFC 3736

## 6 Schnittstellen - SIP – Telefonie im Detail

Die SIP-Zugangsdaten bestehen aus folgenden Werten und sind immer für einen Anschluss gültig:

- ▶ SIP-Username
- ▶ SIP-Passwort
- ▶ SIP-Server / SIP-Registrar

Sollten Sie ein eigenes Endgerät verwenden benutzen Sie bitte die Anweisungen Ihres Herstellers um die SIP-Accounts zu konfigurieren.

Realisierung des SIP-Protokolls an Netzabschlussgeräten auf Basis des durch die IETF im RFC 3261 definierten Standards.

Die Paketisierung der Sprachdaten muss das eigene Endgerät mit 20ms signalisieren.

## 7 Schnittstellen - Ethernet im Detail

Geschwindigkeit	Schnittstelle	Standard
Bis 100 Mbit/s	10/100BASE-TX	IEEE 802.3 / IEEE 802.3 Clause 24
	100BASE-TX	IEEE 802.3u / IEEE 802.3 Clause 25
100 Mbit/s bis 1000 Mbit/s	1000BASE-T	IEEE 802.3ab / IEEE 802.3 Clause 40
1000 Mbit/s (optisch)	1000BASE-LX	IEEE 802.3z / IEEE 802.3 Clause 38



# SCHNITTSTELLENBESCHREIBUNG DER KOMRO GMBH

nach §5 FTEG

Geschwindigkeit	Schnittstelle	Standard
10 Gbit/s (Kupfer)	10GBASE-T	IEEE 802.3an
10 Gbit/s (optisch)	10GBASE-LR 10GBASE-ER	IEEE 802.3ae / IEEE 802.3 Clause 52

## 8 Tipps zur Kompatibilität von Endgeräten

Die Firmware des Endgerätes muss immer die aktuelle Version des Herstellers sein. Für die Benutzung der Endgeräte (z.B. bei der AVM FRITZ!Box) empfehlen wir dringend die automatische Updatefunktion zu aktivieren.

Bei Endgeräten von anderen Herstellern kann es aufgrund von angepasster Firm- oder Hardware zu Inkompatibilitäten kommen. Bitte achten Sie darauf nur Originalgeräte mit der vom Hersteller zur Verfügung gestellten Originalfirmware in der aktuellen Version zu verwenden. Es kann sonst unter Umständen dazu kommen, dass sich zum Beispiel das VDSL Signal nicht synchronisiert oder bestimmte Funktionen nicht genutzt werden können.

Die Endgeräte müssen für die angebotene Bandbreite geeignet sein. Besonders mit älterer Hardware können Sie die angebotenen Geschwindigkeiten sonst nicht nutzen.

Jederzeit können Sie ihr eigenes Endgerät verwenden, sofern diese Geräte die veröffentlichten technischen Schnittstellen der komro erfüllen. Bitte klären Sie diese Punkte mit dem Hersteller Ihres Gerätes.

Beachten Sie, dass wir keine Garantie übernehmen können, dass alle Endgeräte an unseren Übergabepunkten einwandfrei funktionieren. Auch wenn der Hersteller Ihres Gerätes alle genannten Anforderungen der Schnittstellenbeschreibung bestätigt hat, kann es zu unerwünschten Effekten im Netz kommen.

Sollten Sie Endgeräte von einem anderen Hersteller verwenden, können wir Ihnen neben den hier vermerkten Allgemeinen Angaben leider keine Unterstützung leisten.

Bitte wenden Sie sich mit den hier verwendeten technischen Spezifikationen an den jeweiligen Hersteller.

## 9 Allgemeiner Hinweis zu Endgeräten

Folgende Endgeräte werden bei uns bereits im Netz eingesetzt, laufend getestet und daher empfohlen:

Zugangsnetz-Technologie	Anschluss-Variante	AVM FRITZ!Box Typ
DOCSIS	HFC/FTTB/FTTH Kabelanschluss	FRITZ!Box 6660, 6690
GPON	FTTx (Fiber-to-the-home/building)	FRITZ!Box 7590, 7590 AX
VDSL	FTTC (Fibre to the curb)	FRITZ!Box 7590, 7590 AX
G.fast	FTTB (Fibre to the building)	FRITZ!Box 7583

## 10 Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Beschreibung
ADSL (Asymmetrical bitrate digital subscriber line)	Asymmetrischer Digitaler Teilnehmeranschluss
BiDi SFP	Bidirektionales SPF (nur eine optische Faser zur Übertragung von TX/RX notwendig)
CMTS (Cable modem termination system)	Kopfstelle die den Dienst Internet oder Voice over Cable zur Verfügung stellt
DOCSIS (Data over cable service interface specification)	Eine Spezifikation für Schnittstellen von Kabelmodems und dazugehörigen Peripheriegeräten
DSL oder xDSL (Digital Subscriber Line)	Digitale Breitband-Übertragungsstandard mittels Telefon-Kupferleitung. Das „x“ steht als Platzhalter für das spezifische Verfahren (ADSL, VDSL)
FTEG	Gesetz über Funkanlagen und Telekommunikationsendeinrichtungen
FTTB (Fibre To The Building)	Glasfaser-Technologie, bei dem Glasfaserkabel (Lichtwellenleiter) bis ins Gebäude (i.d.R. in den Keller) verlegt werden.
FTTC (Fibre to the Curb)	Glasfaser-Technologie, bei dem Glasfaserkabel (Lichtwellenleiter) bis an den Randstein in der Nähe des Teilnehmers verlegt werden.
FTTH (Fibre To The Home)	Glasfaser-Technologie, bei dem Glasfaserkabel (Lichtwellenleiter) bis in die Wohnung des Teilnehmers verlegt werden.
Forwarding rate (FR)	Bei der Verbindung von LAN-Segmenten entspricht die Forwarding Rate der maximalen Anzahl an Datenpaketen, die diese zwischen zwei Netzsegmenten übertragen kann.
G.fast (fast access to subscriber terminals)	G.fast ist ein ITU-T-Standard der DSL-Technik und gilt als Nachfolgestandard zu VDSL2. Das Übertragungsverfahren basiert wie VDSL2-Vectoring und Supervectoring
GPON (Gigabit Passive Optical Network)	Shared-medium-Technologie auf Basis von passiven optischen Netzen.
HFC (hybrid fiber-coaxial)	Glasfaser/Koaxial-Technologie, bei der die Signale im Regionalbereich über Glasfaserstrecken übertragen werden. An den Endpunkten der Glasfasern werden die optischen Signale in elektrische gewandelt, die dann über Koaxialkabel in die einzelnen Haushalte geführt werden.
IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)	Bildet Gremien für die Standardisierung von Techniken, Hard- und Software und erstellt Standards und Spezifikationen.
RF Overlay	Video Daten werden auf einer separaten Wellenlänge übertragen.
SFP (Small Form Factor Pluggable)	Optischer Transceiver (Sender/Empfänger)

# SCHNITTSTELLENBESCHREIBUNG DER KOMRO GMBH

nach §5 FTEG

Abkürzung	Beschreibung
MTU (Maximum Transmission Unit)	Maximale Paketgröße welche ohne Fragmentierung in den Rahmen übertragen werden kann.
OLT (Optical Line Terminal)	Optischer Leitungsabschluss, ist ein Gerät, das als Dienstanbieterendpunkt eines passiven optischen Netzwerks dient
ONT (Optical Network Terminal)	Aktives Glasfaser-Abschlussgerät (hinter dem OLT in Kundenrichtung)
VDSL (Very High-Speed Digital Subscriber Line)	VDSL ist eine DSL-Technik, die wesentlich höhere Datenübertragungsraten über gebräuchliche Telefonleitungen liefert als beispielsweise ADSL oder ADSL2+

## 11 Quellen

ITU-T [G.992.5] <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.992.5/en>

TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA, DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS; Digital sections and digital line system – Access networks; Asymmetric digital subscriber line (ADSL) transceivers – Extended bandwidth ADSL2 (ADSL2plus)

ITU-T [G.993.2] <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.992.3/en>

TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA, DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS; Digital sections and digital line system – Access networks; Very high speed digital subscriber line transceivers 2 (VDSL2)

ITU-T [G.984.1] <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1>

TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA, DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS; Digital sections and digital line system – Gigabit-capable passive optical networks (GPON): General characteristics

ITU-T [G.984.2] <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.2>

TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA, DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS; Digital sections and digital line system – Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): Physical Media Dependent (PMD) layer specification

ITU-T [G.984.3] <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.3>

TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA, DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS; Digital sections and digital line system – Gigabit-capable passive optical networks (GPON): Transmission convergence layer specification

ITU-T [G.984.4] <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.4>

TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA, DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS; Digital sections and digital line system – Optical line systems for local and access networks; Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): ONT management and control interface specification

ITU-T [G.9700] <https://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=13832&lang=en>

SERIES G: TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA, DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS Access networks – Metallic access networks Fast access to subscriber terminals (G.fast) – Power spectral density specification

ITU-T [G.9701] <https://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?id=13772&lang=en>

SERIES G: TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA, DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS Access networks – Metallic access networks Fast access to subscriber terminals (G.fast) – Physical layer specification

IEEE [802.3] <https://standards.ieee.org/about/get/802/802.3.html>