

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Universal serial bus interfaces for data and power –
Part 1-3: Common components – USB Type-C® cable and connector
specification**

**Interfaces de bus universel en série pour les données et l'alimentation
électrique –
Partie 1-3: Composants communs – Spécification des câbles et des connecteurs
USB Type-C®**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.120.20, 33.120.30, 35.200

ISBN 978-2-8327-0006-8

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

UNIVERSAL SERIAL BUS INTERFACES FOR DATA AND POWER –

Part 1-3: Common components – USB Type-C® cable and connector specification

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as “IEC Publication(s)”). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at <https://patents.iec.ch>. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 62680-1-2 has been prepared by technical area 18: Multimedia home systems and applications for end-user networks, of IEC technical committee 100: Audio, video and multimedia systems and equipment. It is an International Standard.

The text of this standard was prepared by the USB Implementers Forum (USB-IF). The structure and editorial rules used in this publication reflect the practice of the organization which submitted it.

The text of this International Standard is based on the following documents:

Draft	Report on voting
100/4139/CDV	100/4177/RVC

Full information on the voting for its approval can be found in the report on voting indicated in the above table.

A list of all parts in the IEC 62680 series, published under the general title *Universal serial bus interfaces for data and power*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

Universal Serial Bus Type-C Cable and Connector Specification

**Release 2.3
October 2023**

**Copyright © 2014-2023, USB3.0 Promoter Group:
Apple Inc., HP Inc., Intel Corporation, Microsoft Corporation,
Renesas, STMicroelectronics, and Texas Instruments**

All rights reserved.

NOTE: Adopters may only use the USB Type-C® cable and connector to implement USB or third-party functionality as expressly described in this Specification; all other uses are prohibited.

LIMITED COPYRIGHT LICENSE: The USB 3.0 Promoters grant a conditional copyright license under the copyrights embodied in the USB Type-C Cable and Connector Specification to use and reproduce the Specification for the sole purpose of, and solely to the extent necessary for, evaluating whether to implement the Specification in products that would comply with the specification. Without limiting the foregoing, use of the Specification for the purpose of filing or modifying any patent application to target the Specification or USB compliant products is not authorized. Except for this express copyright license, no other rights or licenses are granted, including without limitation any patent licenses. In order to obtain any additional intellectual property licenses or licensing commitments associated with the Specification a party must execute the USB 3.0 Adopters Agreement. NOTE: By using the Specification, you accept these license terms on your own behalf and, in the case where you are doing this as an employee, on behalf of your employer.

INTELLECTUAL PROPERTY DISCLAIMER

THIS SPECIFICATION IS PROVIDED TO YOU “AS IS” WITH NO WARRANTIES WHATSOEVER, INCLUDING ANY WARRANTY OF MERCHANTABILITY, NON-INFRINGEMENT, OR FITNESS FOR ANY PARTICULAR PURPOSE. THE AUTHORS OF THIS SPECIFICATION DISCLAIM ALL LIABILITY, INCLUDING LIABILITY FOR INFRINGEMENT OF ANY PROPRIETARY RIGHTS, RELATING TO USE OR IMPLEMENTATION OF INFORMATION IN THIS SPECIFICATION. THE PROVISION OF THIS SPECIFICATION TO YOU DOES NOT PROVIDE YOU WITH ANY LICENSE, EXPRESS OR IMPLIED, BY ESTOPPEL OR OTHERWISE, TO ANY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

All implementation examples and reference designs contained within this Specification are included as part of the limited patent license for those companies that execute the USB 3.0 Adopters Agreement.

USB Type-C®, USB-C® and USB4® are trademarks of the Universal Serial Bus Implementers Forum (USB-IF). DisplayPort™ is a trademark of VESA. All product names are trademarks, registered trademarks, or service marks of their respective owners.

Thunderbolt™ is a trademark of Intel Corporation. You may only use the Thunderbolt™ trademark or logo in conjunction with products designed to this specification that complete proper certification and executing a Thunderbolt™ trademark license – see <https://www.usb.org/compliance> for further information.

Contents

FOREWORD.....	2
Specification Editor	21
Specification Work Group Contributors.....	21
Pre-Release Draft Industry Reviewing Companies That Provided Feedback.....	29
Revision History.....	29
1 Introduction.....	30
1.1 Purpose	30
1.2 Scope	30
1.3 Related Documents	30
1.4 Conventions.....	31
1.4.1 Precedence	31
1.4.2 Keywords	31
1.4.3 Numbering.....	32
1.5 Terms and Abbreviations	32
2 Overview	37
2.1 Introduction	37
2.2 USB Type-C Receptacles, Plugs and Cables	38
2.3 Configuration Process.....	39
2.3.1 Source-to-Sink Attach/Detach Detection.....	39
2.3.2 Plug Orientation/Cable Twist Detection.....	40
2.3.3 Initial Power (Source-to-Sink) Detection and Establishing the Data (Host-to-Device) Relationship 40	
2.3.4 USB Type-C VBUS Current Detection and Usage.....	41
2.3.5 <i>USB PD</i> Communications.....	41
2.3.6 Functional Extensions	42
2.4 VBUS.....	42
2.5 VCONN.....	42
2.6 Hubs.....	43
3 Mechanical.....	44
3.1 Overview.....	44
3.1.1 Compliant Connectors.....	44
3.1.2 Compliant Cable Assemblies	44
3.1.3 Compliant USB Type-C to Legacy Cable Assemblies.....	45
3.1.4 Compliant USB Type-C to Legacy Adapter Assemblies.....	46
3.2 USB Type-C Connector Mating Interfaces	46
3.2.1 Interface Definition.....	46

3.2.2	Reference Designs	67
3.2.3	Pin Assignments and Descriptions	74
3.3	Cable Construction and Wire Assignments	75
3.3.1	Cable Construction (<i>Informative</i>).....	75
3.3.2	Wire Assignments	77
3.3.3	Wire Gauges and Cable Diameters (<i>Informative</i>).....	78
3.4	Standard USB Type-C Cable Assemblies.....	80
3.4.1	USB Full-Featured Type-C Cable Assembly.....	80
3.4.2	<i>USB 2.0</i> Type-C Cable Assembly	82
3.4.3	USB Type-C Captive Cable Assembly	82
3.4.4	USB Type-C Thumb Drive Assembly	83
3.5	Legacy Cable Assemblies.....	83
3.5.1	USB Type-C to <i>USB 3.1</i> Standard-A Cable Assembly	84
3.5.2	USB Type-C to <i>USB 2.0</i> Standard-A Cable Assembly	85
3.5.3	USB Type-C to <i>USB 3.1</i> Standard-B Cable Assembly	86
3.5.4	USB Type-C to <i>USB 2.0</i> Standard-B Cable Assembly	87
3.5.5	USB Type-C to <i>USB 2.0</i> Mini-B Cable Assembly.....	88
3.5.6	USB Type-C to <i>USB 3.1</i> Micro-B Cable Assembly	89
3.5.7	USB Type-C to <i>USB 2.0</i> Micro-B Cable Assembly	90
3.6	Legacy Adapter Assemblies.....	90
3.6.1	USB Type-C to <i>USB 3.1</i> Standard-A Receptacle Adapter Assembly	90
3.6.2	USB Type-C to <i>USB 2.0</i> Micro-B Receptacle Adapter Assembly	92
3.7	Electrical Characteristics.....	92
3.7.1	Raw Cable (<i>Informative</i>).....	93
3.7.2	USB Type-C to USB Type-C Passive Cable Assemblies	94
3.7.3	Mated Connector (<i>Informative – USB 3.2 Gen2 and USB4 Gen2</i>).....	116
3.7.4	Receptacle Connector SI Requirements and Testing (<i>Normative – USB4 Gen3/Gen4</i>).....	120
3.7.5	USB Type-C to USB Legacy Cable Assemblies (<i>Normative</i>)	122
3.7.6	USB Type-C to USB Legacy Adapter Assemblies (<i>Normative</i>)	126
3.7.7	Shielding Effectiveness Requirements (<i>Normative</i>)	129
3.7.8	DC Electrical Requirements (<i>Normative</i>).....	131
3.8	Mechanical and Environmental Requirements (<i>Normative</i>).....	133
3.8.1	Mechanical Requirements	134
3.8.2	Environmental Requirements.....	139
3.9	Docking Applications (<i>Informative</i>)	140
3.10	Implementation Notes and Design Guides	141
3.10.1	EMC Management (<i>Informative</i>)	141

3.10.2	Stacked and Side-by-Side Connector Physical Spacing (<i>Informative</i>)	144
3.10.3	Cable Mating Considerations (<i>Informative</i>)	144
3.11	Extended Power Range (EPR) Cables	145
3.11.1	Electrical Requirements.....	145
3.11.2	EPR Cable Identification Requirements.....	145
4	Functional	146
4.1	Signal Summary.....	146
4.2	Signal Pin Descriptions	146
4.2.1	USB 3.2/USB4 Pins	146
4.2.2	USB 2.0 Pins.....	147
4.2.3	Auxiliary Signal Pins	147
4.2.4	Power and Ground Pins	147
4.2.5	Configuration Pins	147
4.3	Sideband Use (SBU).....	147
4.4	Power and Ground.....	147
4.4.1	IR Drop.....	147
4.4.2	VBUS	148
4.4.3	VCONN	150
4.5	Configuration Channel (CC)	154
4.5.1	Architectural Overview.....	154
4.5.2	CC Functional and Behavioral Requirements	166
4.5.3	USB Port Interoperability Behavior	202
4.6	Power	219
4.6.1	Power Requirements during USB Suspend.....	220
4.6.2	VBUS Power Provided Over a USB Type-C Cable	221
4.7	USB Hubs	226
4.8	Power Sourcing and Charging.....	227
4.8.1	DFP as a Power Source.....	227
4.8.2	Non-USB Charging Methods	229
4.8.3	Sinking Host.....	230
4.8.4	Sourcing Device.....	230
4.8.5	Charging a System with a Dead Battery	230
4.8.6	USB Type-C Multi-Port Chargers	230
4.9	Electronically Marked Cables	234
4.9.1	Parameter Values.....	235
4.9.2	Active Cables.....	235
4.10	VCONN-Powered Accessories (VPAs) and VCONN-Powered USB Devices (VPDs).....	236

4.10.1	VCONN-Powered Accessories (VPAs).....	236
4.10.2	VCONN-Powered Devices (VPDs).....	236
4.11	Parameter Values.....	238
4.11.1	Termination Parameters.....	238
4.11.2	Timing Parameters.....	240
4.11.3	Voltage Parameters.....	243
5	<i>USB4</i> Discovery and Entry.....	245
5.1	Overview of the Discovery and Entry Process.....	245
5.2	<i>USB4</i> Functional Requirements.....	246
5.2.1	<i>USB4</i> Host Functional Requirements.....	246
5.2.2	USB Device Functional Requirements.....	246
5.2.3	<i>USB4</i> Alternate Mode Support.....	246
5.3	<i>USB4</i> Power Requirements.....	247
5.3.1	Source Power Requirements.....	247
5.3.2	Sink Power Requirements.....	247
5.3.3	Device Power Management Requirements.....	247
5.4	<i>USB4</i> Discovery and Entry Flow Requirements.....	248
5.4.1	USB Type-C Initial Connection.....	248
5.4.2	USB Power Delivery Contract.....	248
5.4.3	<i>USB4</i> Discovery and Entry Flow.....	248
5.4.4	<i>USB4</i> Post-Entry Operation.....	253
5.5	<i>USB4</i> Hub Connection Requirements.....	254
5.5.1	<i>USB4</i> Hub Port Initial Connection Requirements.....	254
5.5.2	<i>USB4</i> Hub UFP and Host Capabilities Discovery.....	254
5.5.3	Hub DFP Connection Requirements.....	255
5.5.4	Hub Ports Connection Behavior Flow Examples.....	255
5.5.5	Connecting to Downstream <i>USB4</i> Hubs.....	261
5.5.6	Fallback Functional Requirements for <i>USB4</i> Hubs.....	261
5.6	<i>USB4</i> Device Connection Requirements.....	261
5.6.1	Fallback Mapping of <i>USB4</i> Peripheral Functions of USB Device Class Types.....	261
5.7	Parameter Values.....	263
5.7.1	Timing Parameters.....	263
6	Active Cables.....	264
6.1	General Specifications for All Active Cables.....	264
6.1.1	Discovering Active Cable Characteristics.....	264
6.1.2	Electrical Requirements.....	266
6.1.3	Mechanical Requirements.....	298

6.2	Additional Specifications for Copper and Hybrid-Optical Active Cables.....	299
6.2.1	Active Cable Block Diagram	300
6.2.2	USB4 Asymmetric Mode Support	300
6.2.3	Active Cable USB PD Requirements.....	300
6.2.4	Active Cable Behaviors in Response to USB PD Events.....	300
6.2.5	Active Cable Power Requirements.....	301
6.3	Additional Specifications for Optically Isolated Active Cables	301
6.3.1	OIAC Block Diagrams	302
6.3.2	OIAC Limitations and General Requirements	304
6.3.3	OIAC Cable Power Requirements	305
6.3.4	OIAC USB PD Requirements.....	305
6.3.5	OIAC Connection Flow and State Diagrams	315
6.3.6	Additional Electrical Requirements for OIAC	333
6.3.7	Additional Mechanical Requirements for OIAC	336
A	Liquid Corrosion Mitigation Mode.....	337
A.1	Overview.....	337
A.2	Detail	337
A.3	Liquid Detection Methods.....	339
A.3.1	Liquid Measurement Method	339
A.3.2	Pulsed Measurement Method.....	339
A.3.3	Impedance Measurement Method.....	340
A.4	Liquid Detection Pins in the Connector	343
B	Debug Accessory Mode	346
B.1	Overview.....	346
B.2	Functional	346
B.2.1	Signal Summary	346
B.2.2	Port Interoperability.....	347
B.2.3	Debug Accessory Mode Entry.....	347
B.2.4	Connection State Diagrams.....	347
B.2.5	DTS Port Interoperability Behaviors.....	356
B.2.6	Orientation Detection.....	365
B.3	Security/Privacy Requirements	365
C	USB Type-C Digital Audio.....	366
C.1	Overview.....	366
C.2	USB Type-C Digital Audio Specifications.....	366
D	Thermal Design Considerations for Active Cables.....	367
D.1	Introduction	367

D.2	Model.....	367
D.2.1	Assumptions.....	367
D.2.2	Model Architecture.....	368
D.2.3	Heat Sources.....	368
D.2.4	Heat Flow.....	369
D.3	<i>USB 3.2</i> Single-Lane Active Cable.....	370
D.3.1	<i>USB 3.2</i> Single-Lane Active Cable Design Considerations	370
D.4	Dual-Lane Active Cables.....	373
D.4.1	<i>USB 3.2</i> Dual-Lane Active Cable Design Considerations	373
D.4.2	<i>USB 3.2</i> Dual-Lane Active Cable in a Multiple Port Configuration.....	375
D.5	<i>USB 3.2</i> Host and Device Design Considerations	376
D.5.1	Heat Spreading or Heat Sinking from Host or Device.....	376
D.5.2	Motherboard Temperature Control	377
D.5.3	Wider Port Spacing for Multi-Port Applications	377
D.5.4	Power Policies	377
E	Alternate Modes.....	378
E.1	Alternate Mode Architecture.....	378
E.2	Alternate Mode Requirements.....	378
E.2.1	Alternate Mode Pin Reassignment.....	379
E.2.2	Alternate Mode Electrical Requirements.....	379
E.3	Parameter Values	382
E.4	Example Alternate Mode – USB DisplayPort™ Dock	383
E.4.1	USB DisplayPort™ Dock Example.....	383
E.4.2	Functional Overview	383
E.4.3	Operational Summary	384
E.5	Example Alternate Mode Entry Flow with Cable Warnings.....	385
E.5.1	Operational Summary	386
F	Thunderbolt™ 3 Compatibility Discovery and Entry.....	387
F.1	<i>TBT3</i> Compatibility Mode Functional Requirements	387
F.1.1	<i>TBT3</i> -Compatible Power Requirements.....	387
F.1.2	<i>TBT3</i> -Compatible Host Requirements	387
F.1.3	<i>TBT3</i> -Compatible Device Upstream Requirements.....	387
F.1.4	<i>TBT3</i> -Compatible Device Downstream Requirements.....	387
F.1.5	<i>TBT3</i> -Compatible Self-Powered Device Without Predefined Upstream Port Rules	388
F.1.6	<i>TBT3</i> -Compatible Devices with a Captive Cable	388
F.2	<i>TBT3</i> Discovery and Entry Flow.....	388
F.2.1	<i>TBT3</i> Passive Cable Discover Identity Responses	389

- F.2.2 *TBT3* Active Cable Discover Identity Responses.....392
- F.2.3 *TBT3* Device Discover Identity Responses.....395
- F.2.4 *TBT3* Discover SVID Responses.....396
- F.2.5 *TBT3* Device Discover Mode Responses.....397
- F.2.6 *TBT3* Cable Discover Mode Responses398
- F.2.7 *TBT3* Cable Enter Mode Command.....399
- F.2.8 *TBT3* Device Enter Mode Command400
- F.2.9 *TBT3* Cable Functional Difference Summary402
- G Extracting Pulse Response from Sampled Data and Calculating Non-Linearity Noise.....403
- H *USB PD* High-Voltage Design Considerations405
 - H.1 Potential for Arcing Damage During Cable Withdrawal.....405
 - H.2 Arcing During USB Type-C Cable Withdrawal405
 - H.3 Mitigating Arcing Damage During Cable Withdrawal Due to Sink Discharge.....407
 - H.3.1 Limiting Sink Discharge Rate.....408
 - H.3.2 Load Removal409
 - H.3.3 Limiting Source Current Capability412
- I *USB PD* Encoding Guidelines for USB Type-C Product Types413
 - I.1 USB Type-C Product Type Definitions and *USB PD* Encodings.....413
 - I.2 *USB PD* Encoding Guidelines Tables.....414
 - I.3 Detailed Examples.....421
 - I.3.1 *USB 3.2* Host – no DC – Power Consumer : DRP (Source or Sink) / Not DRD (DFP).....421
 - I.3.2 *USB 3.2* Peripheral – Power Provider : DRP (Source or Sink) / Not DRD (UFP).....421
 - I.3.3 *USB4* Host – Power Consumer : DRP (Source or Sink) / Not DRD (DFP)422
 - I.3.4 *USB4* Host – *USB4* DC – Partial or no USB Equivalent : DRP (Source or Sink) / DRD.....422
 - I.3.5 *USB4* Peripheral : UFP (Sink)423
 - I.3.6 *USB4* Dock (Upstream) – Power Provider : DRP (Source or Sink) / Not DRD (UFP)424
 - I.3.7 *USB4* Hub (Downstream) – DFP (Source)424
- J Design Assumptions for the *USB4* Gen4 LRD Cable Specification426

Figures

- Figure 2-1 USB Type-C Receptacle Interface (Front View).....37
- Figure 2-2 USB Full-Featured Type-C Plug Interface (Front View).....38
- Figure 3-1 USB Type-C Receptacle Interface Dimensions.....49
- Figure 3-2 Reference Design USB Type-C Plug External EMC Spring Contact Zones.....52
- Figure 3-3 USB Full-Featured Type-C Plug Interface Dimensions.....53
- Figure 3-4 Reference Footprint for a USB Type-C Vertical Mount Receptacle (*Informative*)56
- Figure 3-5 Reference Footprint for a USB Type-C Dual-Row SMT Right-Angle Receptacle (*Informative*)57
- Figure 3-6 Reference Footprint for a USB Type-C Hybrid Right-Angle Receptacle (*Informative*).....58
- Figure 3-7 Reference Footprint for a USB Type-C Mid-Mount Dual-Row SMT Receptacle (*Informative*)59
- Figure 3-8 Reference Footprint for a USB Type-C Mid-Mount Hybrid Receptacle (*Informative*).....60

Figure 3-9 Reference Footprint for a <i>USB 2.0</i> Type-C Through Hole Right Angle Receptacle (<i>Informative</i>)	61
Figure 3-10 Reference Footprint for a <i>USB 2.0</i> Type-C Single Row Right Angle Receptacle (<i>Informative</i>)	62
Figure 3-11 <i>USB 2.0</i> Type-C Plug Interface Dimensions	63
Figure 3-12 USB Type-C Plug EMC Shielding Spring Tip Requirements	66
Figure 3-13 Reference Design of Receptacle Mid-Plate	67
Figure 3-14 Reference Design of Retention Latch	68
Figure 3-15 Illustration of the Latch Soldered to the Paddle Card Ground	68
Figure 3-16 Reference Design of the USB Full-Featured Type-C Plug Internal EMC Spring	69
Figure 3-17 Reference Design of the <i>USB 2.0</i> Type-C Plug Internal EMC Spring	70
Figure 3-18 Reference Design of Internal EMC Pad	71
Figure 3-19 Reference Design of a USB Type-C Receptacle with External EMC Springs	72
Figure 3-20 Reference Design of a USB Full-Featured Type-C Plug Paddle Card	73
Figure 3-21 Illustration of a USB Full-Featured Type-C Cable Cross Section, a Coaxial Wire Example with VCONN	76
Figure 3-22 Illustration of a USB Full-Featured Type-C Cable Cross Section, a Coaxial Wire Example without VCONN	76
Figure 3-23 USB Full-Featured Type-C Standard Cable Assembly	80
Figure 3-24 USB Type-C to <i>USB 3.1</i> Standard-A Cable Assembly	84
Figure 3-25 USB Type-C to <i>USB 2.0</i> Standard-A Cable Assembly	85
Figure 3-26 USB Type-C to <i>USB 3.1</i> Standard-B Cable Assembly	86
Figure 3-27 USB Type-C to <i>USB 2.0</i> Standard-B Cable Assembly	87
Figure 3-28 USB Type-C to <i>USB 2.0</i> Mini-B Cable Assembly	88
Figure 3-29 USB Type-C to <i>USB 3.1</i> Micro-B Cable Assembly	89
Figure 3-30 USB Type-C to <i>USB 2.0</i> Micro-B Cable Assembly	90
Figure 3-31 USB Type-C to <i>USB 3.1</i> Standard-A Receptacle Adapter Assembly	91
Figure 3-32 USB Type-C to <i>USB 2.0</i> Micro-B Receptacle Adapter Assembly	92
Figure 3-33 Illustration of Test Points for a Mated Cable Assembly	94
Figure 3-34 Recommended Differential Insertion Loss Requirement (<i>USB 3.2</i> Gen2 and <i>USB4</i> Gen2)	95
Figure 3-35 Recommended Differential Return Loss Requirement	95
Figure 3-36 Recommended Differential Crosstalk Requirement	96
Figure 3-37 Recommended Differential Near-End and Far-End Crosstalk Requirement between USB D+/D- Pair and TX/RX Pair	97
Figure 3-38 Recommended Differential Insertion Loss Requirement (<i>USB4</i> Gen3/Gen4)	97
Figure 3-39 Illustration of Insertion Loss Fit at Nyquist Frequency	98
Figure 3-40 Input Pulse Spectrum	99
Figure 3-41 IMR Limit as Function of ILfitatNq	100
Figure 3-42 IRL Limit as Function of ILfitatNq	102
Figure 3-43 Differential-to-Common Mode Conversion Requirement	102
Figure 3-44 IMR Limit as Function of ILfit at 10 GHz (<i>USB4</i> Gen3/Gen4)	106
Figure 3-45 Definition of Port, Victim, and Aggressor	107
Figure 3-46 IXT_DP and IXT_USB Limit as Function of ILfit at 10 GHz (<i>USB4</i> Gen3/Gen4)	107
Figure 3-47 IRL Limit as Function of ILfit at 10 GHz (<i>USB4</i> Gen3/Gen4)	108
Figure 3-48 Differential-to-Common Mode Conversion Requirement (<i>USB4</i> Gen3/Gen4)	108
Figure 3-49 Cable Assembly in System	109
Figure 3-50 Requirement for Differential Coupling between CC and D+/D-	112
Figure 3-51 Requirement for Single-Ended Coupling between CC and D- in <i>USB 2.0</i> Type-C Cables	112
Figure 3-52 Requirement for Single-Ended Coupling between CC and D- in USB Full-Featured Type-C Cables	113
Figure 3-53 Requirement for Differential Coupling between VBUS and D+/D-	113
Figure 3-54 Requirement for Single-Ended Coupling between SBU_A and SBU_B	114
Figure 3-55 Requirement for Single-Ended Coupling between SBU_A/SBU_B and CC	115

Figure 3-56 Requirement for Coupling between SBU_A and differential D+/D-, and SBU_B and differential D+/D- 115

Figure 3-57 Illustration of USB Type-C Mated Connector 116

Figure 3-58 Recommended Impedance Limits of a USB Type-C Mated Connector 117

Figure 3-59 Recommended Ground Void Dimensions for USB Type-C Receptacle 117

Figure 3-60 Recommended Differential Near-End and Far-End Crosstalk Limits between D+/D- Pair and TX/RX Pairs..... 119

Figure 3-61 Recommended Limits for Differential-to-Common-Mode Conversion 120

Figure 3-62 IMR Limit as Function of ILfitatNq for USB Type-C to Legacy Cable Assembly 125

Figure 3-63 IRL Limit as Function of ILfitatNq for USB Type-C to Legacy Cable Assembly 125

Figure 3-64 Cable Assembly Shielding Effectiveness Testing..... 129

Figure 3-65 Shielding Effectiveness Pass/Fail Criteria..... 130

Figure 3-66 LLCR Measurement Diagram 131

Figure 3-67 Temperature Measurement Point..... 132

Figure 3-68 Example Current Rating Test Fixture Trace Configuration 133

Figure 3-69 Example of 4-Axis Continuity Test Fixture 135

Figure 3-70 Example Wrenching Strength Test Fixture for Plugs without Overmold..... 137

Figure 3-71 Reference Wrenching Strength Continuity Test Fixture 138

Figure 3-72 Example of Wrenching Strength Test Mechanical Failure Point 138

Figure 3-73 Wrenching Strength Test with Cable in Fixture..... 139

Figure 3-74 USB Type-C Cable Receptacle Flange Example 141

Figure 3-75 EMC Guidelines for Side Latch and Mid-Plate..... 142

Figure 3-76 EMC Finger Connections to Plug Shell..... 142

Figure 3-77 EMC Pad Connections to Receptacle Shell 143

Figure 3-78 Examples of Connector Apertures..... 143

Figure 3-79 Recommended Minimum Spacing between Connectors 144

Figure 3-80 Recommended Minimum Plug Overmold Clearance 144

Figure 3-81 Cable Plug Overmold and an Angled Surface..... 145

Figure 4-1 Cable IR Drop..... 148

Figure 4-2 Cable IR Drop for powered cables..... 148

Figure 4-3 Logical Model for Single-Lane Data Bus Routing across USB Type-C-based Ports..... 155

Figure 4-4 Logical Model for USB Type-C-based Ports for a Single-Lane Direct Connect Device..... 155

Figure 4-5 Pull-Up/Pull-Down CC Model..... 157

Figure 4-6 Current Source/Pull-Down CC Model..... 157

Figure 4-7 Source Functional Model for CC1 and CC2 160

Figure 4-8 Source Functional Model Supporting *USB PD PR_Swap* 161

Figure 4-9 Sink Functional Model for CC1 and CC2 161

Figure 4-10 Sink Functional Model Supporting *USB PD PR_Swap* and *VCONN_Swap* 162

Figure 4-11 DRP Functional Model for CC1 and CC2..... 163

Figure 4-12 Connection State Diagram: Source 168

Figure 4-13 Connection State Diagram: Sink 169

Figure 4-14 Connection State Diagram: Sink with Accessory Support 170

Figure 4-15 Connection State Diagram: DRP 171

Figure 4-16 Connection State Diagram: DRP with Accessory and Try.SRC Support 172

Figure 4-17 Connection State Diagram: DRP with Accessory and Try.SNK Support..... 173

Figure 4-18 Connection State Diagram: Charge-Through VPD 174

Figure 4-19 Sink Power Sub-States 196

Figure 4-20 Passive Cable eMarker State Diagram..... 198

Figure 4-21 Active Cable eMarker State Diagram 198

Figure 4-22 Cable Ra Management State Diagram 199

Figure 4-23 Source to Sink Functional Model..... 202

Figure 4-24 Source to DRP Functional Model.....	203
Figure 4-25 DRP to Sink Functional Model.....	204
Figure 4-26 DRP to DRP Functional Model – CASE 1	205
Figure 4-27 DRP to DRP Functional Model – CASES 2 & 3.....	206
Figure 4-28 Source to Source Functional Model	208
Figure 4-29 Sink to Sink Functional Model.....	208
Figure 4-30 DRP to VPD Model	209
Figure 4-31 Example DRP to Charge-Through VPD Model.....	210
Figure 4-32 Source to Legacy Device Port Functional Model	217
Figure 4-33 Legacy Host Port to Sink Functional Model.....	217
Figure 4-34 DRP to Legacy Device Port Functional Model.....	218
Figure 4-35 Legacy Host Port to DRP Functional Model.....	219
Figure 4-36 Sink Monitoring for Current in Pull-Up/Pull-Down CC Model.....	222
Figure 4-37 Sink Monitoring for Current in Current Source/Pull-Down CC Model.....	223
Figure 4-38 <i>USB PD</i> over CC Pins	224
Figure 4-39 <i>USB PD</i> BMC Signaling over CC	224
Figure 4-40 USB Type-C Cable’s Output as a Function of Load for Non-PD-based USB Type-C Charging.....	228
Figure 4-41 0 – 3 A <i>USB PD</i> -based Charger USB Type-C Cable’s Output as a Function of Load	229
Figure 4-42 3 – 5 A <i>USB PD</i> -based Charger USB Type-C Cable’s Output as a Function of Load	229
Figure 4-43 Electronically Marked Cable with VCONN connected through the cable	235
Figure 4-44 Electronically Marked Cable with SOP’ at both ends	235
Figure 4-45 Example Charge-Through VCONN-Power USB Device Use Case	238
Figure 4-46 DRP Timing.....	240
Figure 5-1 <i>USB4</i> Discovery and Entry Flow Model.....	249
Figure 5-2 <i>USB4</i> Hub with <i>USB4</i> Host and Device Connection Flow Alignment	256
Figure 5-3 <i>USB4</i> Hub with <i>USB 3.2</i> Host and <i>USB4</i> Device Connection Flow Alignment	257
Figure 5-4 <i>USB4</i> Hub with <i>USB4</i> Host and <i>USB 3.2</i> Device Connection Flow Alignment	258
Figure 5-5 <i>USB4</i> Hub with <i>USB 3.2</i> Host and Device Connection Flow Alignment	259
Figure 5-6 <i>USB4</i> Hub with <i>USB4</i> Host and DP Alt Mode Device Connection Flow Alignment	260
Figure 5-7 <i>USB4</i> Hub with <i>USB 3.2</i> Host and DP Alt Mode Device Connection Flow Alignment	261
Figure 6-1 Active Cable Topologies	267
Figure 6-2 SuperSpeed USB Electrical Test Points	270
Figure 6-3 SuperSpeed USB Compliance Test Setup	270
Figure 6-4 Compliance Points Definition.....	273
Figure 6-5 RX Differential Return-Loss Mask.....	274
Figure 6-6 Re-timer-based Active Cable Compliance Test Setup	275
Figure 6-7 Example of Transmitter Frequency Variation During Clock Switching.....	277
Figure 6-8 Active Cable Functional Test Setup.....	278
Figure 6-9 Linear Re-driver-based Active Cable Compliance Setup.....	279
Figure 6-10 Gain Parameters Specified for the Linear Re-driver Active Cable.....	282
Figure 6-11 OUTPUT_NOISE Limit Versus <i>ILfitatNq</i>	283
Figure 6-12 Gain Parameters for <i>USB4</i> Gen4 LRD Active Cables	286
Figure 6-13 <i>USB4</i> LRD Active Cable Snooping of TxFFE Negotiation	291
Figure 6-14 <i>USB4</i> State Machine per Channel (<i>Informative</i>).....	292
Figure 6-15 <i>USB4</i> Gen4 CL1/CL2 Exit Flow with LRD Active Cable	294
Figure 6-16 <i>USB4</i> Symmetric to Asymmetric Transition.....	295
Figure 6-17 <i>USB4</i> Asymmetric to Symmetric Transition.....	297
Figure 6-18 OIAC <i>USB PD</i> Message Forwarding	310
Figure 6-19 OIAC Successful Data Role Swap	313
Figure 6-20 OIAC Rejected Data Role Swap.....	313
Figure 6-21 OIAC Wait Data Role Swap.....	314

Figure 6-22 OIAC Initiator Reject Data Role Swap 314

Figure 6-23 OIAC Initiator Wait Data Role Swap..... 315

Figure 6-24 OIAC Discovery – Phase 1..... 317

Figure 6-25 OIAC Reboot – Phase 2 318

Figure 6-26 OIAC Plug-A Configured as DFP – Phase 3 319

Figure 6-27 OIAC Plug-A Configured as UFP – Phase 3 320

Figure 6-28 OIAC Plug-A No Connection Possible Billboard – Phase 3 321

Figure 6-29 OIAC Plug-A State Diagram Part 1 (Phase 1 and 2) 322

Figure 6-30 OIAC Plug-A State Diagram Part 2 (Phase 3) 323

Figure 6-31 OIAC Plug-B State Diagram..... 329

Figure 6-32 Illustration of Usages for OIAC that Require an Adapter or Hub 335

Figure A-1 Electrolytic Liquid Corrosion Example 337

Figure A-2 Corrosion Mitigation in Pull-Up/Pull-Down CC Model..... 338

Figure A-3 Corrosion Mitigation in Current Source/Pull-Down CC Model..... 338

Figure A-4 Corrosion Mitigation in Current Source/Pull-Down CC Model with Alternate Mitigation 338

Figure A-5 Liquid Detection by Leakage Measurement 339

Figure A-6 Liquid Detection by Pulsed Measurement 340

Figure A-7 Example Measurement of a Dry Port..... 341

Figure A-8 Example Measurement of a Port with Reverse Osmosis Water 341

Figure A-9 Example Measurement of a Port with Tap Water 342

Figure A-10 Example Measurement of a Port with Artificial Sweat 342

Figure A-11 Example Measurement of a Port with Ocean Water..... 343

Figure A-12 Example Liquid Detect Pin(s)/Pad(s) Location Area 344

Figure A-13 Example Liquid Detect Pad Along All Connector Pins..... 344

Figure A-14 Example Liquid Detect Pins Adjacent to VBUS/SBU/CC..... 345

Figure A-15 Example Liquid Detect Connector Surface Mount View..... 345

Figure B-1 USB Type-C Debug Accessory Layered Behavior 346

Figure B-2 DTS Plug Interface..... 346

Figure B-3 Connection State Diagram: DTS Source..... 348

Figure B-4 Connection State Diagram: DTS Sink..... 349

Figure B-5 Connection State Diagram: DTS DRP 350

Figure B-6 TS Sink Power Sub-States 354

Figure D-1 Active Cable Model (Single Port, Top Mount Receptacle) 368

Figure D-2 Model Architecture..... 368

Figure D-3 Heat Sources and Heat Flow Paths..... 369

Figure D-4 Vertically Stacked Horizontal Connectors 3x1 Configuration (VERT)..... 370

Figure D-5 Horizontally Stacked Vertical Connectors 1x3 Configuration (HZ90)..... 371

Figure D-6 Horizontally Stacked Horizontal Connectors 1x3 Configuration (HORZ)..... 371

Figure D-7 USB 3.2 Single-Lane 3A Active Cable in a 3-Port Configuration..... 372

Figure D-8 USB 3.2 Single-Lane 5A Active Cable in a 3-Port Configuration..... 372

Figure D-9 Impact of Overmold Power P_0 and Thermal Boundary Temperature T_{MB} at 3 A VBUS in a Single Port Configuration 374

Figure D-10 Impact of Overmold Power P_0 and Thermal Boundary Temperature T_{MB} at 5 A VBUS in a Single Port Configuration 374

Figure D-11 USB 3.2 Active Cable Dongle Design (One End Shown) 375

Figure D-12 USB 3.2 Dual-Lane 3A Active Cable in a 3-Port Configuration..... 375

Figure D-13 USB 3.2 Dual-Lane 5A Active Cable in a 3-Port Configuration..... 376

Figure D-14 Example: Additional Heat Spreader on Receptacle in Host or Device 377

Figure D-15 Example: Heat Sinking on Chassis of Host or Device..... 377

Figure E-1 Pins Available for Reconfiguration over the Full-Featured Cable 379

Figure E-2 Pins Available for Reconfiguration for Direct Connect Applications 379

Figure E-3 Alternate Mode Implementation using a USB Type-C to USB Type-C Cable	381
Figure E-4 Alternate Mode Implementation using a USB Type-C to Alternate Mode Cable or Device.....	381
Figure E-5 USB DisplayPort Dock Example	383
Figure E-6 <i>USB4</i> DFP Mode Entry Flow Example.....	385
Figure F-1 <i>TBT3</i> Discovery Flow	389
Figure H-1 Arcing Damage to USB Type-C VBUS Contacts	405
Figure H-2 Arcing Due to Discharge.....	406
Figure H-3 Arcing Prevention During Sink Discharge by Limiting Slew Rate	408
Figure H-4 Arcing Prevention During Sink Discharge by Load Removal.....	410

Tables

Table 2-1 Summary of power supply options.....	42
Table 3-1 USB Type-C Standard Cable Assemblies.....	45
Table 3-2 USB Type-C Legacy Cable Assemblies	46
Table 3-3 USB Type-C Legacy Adapter Assemblies.....	46
Table 3-4 USB Type-C Receptacle Interface Pin Assignments.....	74
Table 3-5 USB Type-C Receptacle Interface Pin Assignments for <i>USB 2.0</i> -only Support	75
Table 3-6 USB Type-C Standard Cable Wire Assignments	77
Table 3-7 USB Type-C Cable Wire Assignments for Legacy Cables/Adapters.....	78
Table 3-8 Reference Wire Gauges for standard USB Type-C Cable Assemblies.....	79
Table 3-9 Reference Wire Gauges for standard USB Type-C to Legacy Cable Assemblies.....	79
Table 3-10 USB Full-Featured Type-C Standard Cable Assembly Wiring.....	81
Table 3-11 <i>USB 2.0</i> Type-C Standard Cable Assembly Wiring.....	82
Table 3-12 USB Type-C to <i>USB 3.1</i> Standard-A Cable Assembly Wiring	84
Table 3-13 USB Type-C to <i>USB 2.0</i> Standard-A Cable Assembly Wiring	85
Table 3-14 USB Type-C to <i>USB 3.1</i> Standard-B Cable Assembly Wiring	86
Table 3-15 USB Type-C to <i>USB 2.0</i> Standard-B Cable Assembly Wiring	87
Table 3-16 USB Type-C to <i>USB 2.0</i> Mini-B Cable Assembly Wiring.....	88
Table 3-17 USB Type-C to <i>USB 3.1</i> Micro-B Cable Assembly Wiring	89
Table 3-18 USB Type-C to <i>USB 2.0</i> Micro-B Cable Assembly Wiring	90
Table 3-19 USB Type-C to <i>USB 3.1</i> Standard-A Adapter Assembly Wiring	91
Table 3-20 USB Type-C to <i>USB 2.0</i> Micro-B Receptacle Adapter Assembly Wiring	92
Table 3-21 Differential Insertion Loss Examples for USB TX/RX with Twisted Pair Construction	93
Table 3-22 Differential Insertion Loss Examples for USB TX/RX with Coaxial Construction	94
Table 3-23 Key Parameters in COM Configuration File	110
Table 3-24 Electrical Requirements for CC and SBU Wires.....	111
Table 3-25 Coupling Matrix for Low Speed Signals.....	111
Table 3-26 Maximum Mutual Inductance (M) between VBUS and Low Speed Signal Lines.....	114
Table 3-27 USB D+/D- Signal Integrity Requirements for USB Type-C to USB Type-C Passive Cable Assemblies.....	116
Table 3-28 USB Type-C Mated Connector Recommended Signal Integrity Characteristics (<i>Informative</i>).....	118
Table 3-29 USB Type-C Receptacle Connector Signal Integrity Characteristics for <i>USB4</i> Gen3 (<i>Normative</i>) ..	121
Table 3-30 USB D+/D- Signal Integrity Requirements for USB Type-C to Legacy USB Cable Assemblies (<i>Normative</i>).....	122
Table 3-31 Design Targets for USB Type-C to <i>USB 3.1</i> Gen2 Legacy Cable Assemblies (<i>Informative</i>).....	123
Table 3-32 USB Type-C to <i>USB 3.1</i> Gen2 Legacy Cable Assembly Signal Integrity Requirements (<i>Normative</i>)	124
Table 3-33 USB D+/D- Signal Integrity Requirements for USB Type-C to Legacy USB Adapter Assemblies (<i>Normative</i>).....	126
Table 3-34 Design Targets for USB Type-C to <i>USB 3.1</i> Standard-A Adapter Assemblies (<i>Informative</i>)	127

Table 3-35 USB Type-C to <i>USB 3.1</i> Standard-A Receptacle Adapter Assembly Signal Integrity Requirements (<i>Normative</i>).....	128
Table 3-36 Current Rating Test PCB.....	132
Table 3-37 Maximum DC Resistance Requirement (<i>Normative</i>).....	133
Table 3-38 Force and Moment Requirements	136
Table 3-39 Environmental Test Conditions	139
Table 3-40 Reference Materials	140
Table 4-1 USB Type-C List of Signals	146
Table 4-2 VBUS Source Characteristics	149
Table 4-3 VBUS Sink Characteristics	149
Table 4-4 USB Type-C Source Port’s VCONN Requirements Summary.....	150
Table 4-5 VCONN Source Characteristics	150
Table 4-6 Cable VCONN Sink Characteristics.....	151
Table 4-7 VCONN-Powered Accessory (VPA) Sink Characteristics.....	152
Table 4-8 VCONN-Powered Device (VPD) Sink Characteristics	153
Table 4-9 USB Type-C Port Interoperability.....	156
Table 4-10 Source Perspective	158
Table 4-11 Source (Host) and Sink (Device) Behaviors by State	158
Table 4-12 Recommended Implementation of Try.SRC and Try.SNK for Dual-Role Ports with Preferred Roles	165
Table 4-13 <i>USB PD</i> Swapping Port Behavior Summary.....	165
Table 4-14 Use of Power and Data Role Swaps for Dual-Role Ports with Preferred Roles.....	166
Table 4-15 Power Role Behavioral Model Summary	166
Table 4-16 Source Port CC Pin State.....	175
Table 4-17 Sink Port CC Pin State.....	175
Table 4-18 Mandatory and Optional States	200
Table 4-19 Precedence of Power Source Usage	220
Table 4-20 USB Type-C Current Advertisement and PDP Equivalent.....	222
Table 4-21 Sink Maximum Current Limit When Attached to CTVPD	225
Table 4-22 Example Charge-Through VPD Sink Maximum Currents based on VBUS Impedance and GND Impedance.....	226
Table 4-23 Examples of 4-port Shared Capacity Chargers and Power Sharing Policies.....	232
Table 4-24 SOP’ and SOP’’ Timing	235
Table 4-25 Charge-Through VPD CC Impedance (RccCON) Requirements	237
Table 4-26 CTVPD Charge-Through Port VBUS Bypass Requirements	237
Table 4-27 Source CC Termination (Rp) Requirements.....	238
Table 4-28 Sink CC Termination (Rd) Requirements	239
Table 4-29 Powered Cable Termination Requirements	239
Table 4-30 CC Termination Requirements for Disabled state, ErrorRecovery state, and Unpowered Source	239
Table 4-31 SBU Termination Requirements.....	239
Table 4-32 VBUS and VCONN Timing Parameters.....	240
Table 4-33 DRP Timing Parameters.....	241
Table 4-34 CC Timing Parameters	242
Table 4-35 CC Voltages on Source Side – Default USB.....	243
Table 4-36 CC Voltages on Source Side – 1.5 A @ 5 V.....	243
Table 4-37 CC Voltages on Source Side – 3.0 A @ 5 V.....	243
Table 4-38 Voltages on Sink CC Pins – Default USB Type-C Current Only.....	243
Table 4-39 Voltages on Sink CC Pins – Multiple Source Current Advertisements	244
Table 4-40 CC Pin Clamping Voltage.....	244
Table 5-1 Certified Cables Where <i>USB4</i> -compatible Operation is Expected.....	251
Table 5-2 Fallback Mapping <i>USB4</i> Functions to USB Device Class Types.....	262

Table 5-3 USB Billboard Device Class Availability Following <i>USB4</i> Device Entry Failure.....	263
Table 6-1 <i>USB4</i> Cable Identity Summary.....	265
Table 6-2 Active Cable Features.....	266
Table 6-3 Active Cable SBU Requirements.....	267
Table 6-4 Active Cable Power-on Requirements.....	268
Table 6-5 Maximum <i>USB 3.2</i> U0 Delay.....	269
Table 6-6 <i>USB 3.2</i> U-State Requirements.....	269
Table 6-7 Active Cable <i>USB 3.2</i> Stressed Source Swing, TP1.....	271
Table 6-8 Active Cable <i>USB 3.2</i> Stressed Source Jitter, TP1.....	271
Table 6-9 Active Cable <i>USB 3.2</i> Input Swing at TP2 (<i>Informative</i>).....	272
Table 6-10 Active Cable <i>USB 3.2</i> Output Swing at TP3 (<i>Informative</i>).....	272
Table 6-11 Compliance Points Definition.....	273
Table 6-12 <i>USB4</i> CL-State Requirements for Active Cables.....	274
Table 6-13 Re-timer-based <i>USB4</i> Active Cable Output Specifications Applied for All Speeds (at TP3').....	276
Table 6-14 Stressed Receiver Conditions for <i>USB4</i> Gen2 and Gen3 Cable Compliance Testing (at TP2).....	278
Table 6-15 Linear Re-driver-based Active Cable Output Parameters.....	280
Table 6-16 Input Signal at TP2 for Compliance Testing.....	281
Table 6-17 <i>USB4</i> Gen4 LRD-based Active Cable ILfitMask Limits.....	285
Table 6-18 <i>USB4</i> Gen4 LRD-based Active Cable Wiring Diagram for Compliance.....	287
Table 6-19 <i>USB4</i> Gen4 Active Cable SBx Transaction Snooping.....	288
Table 6-20 <i>USB4</i> LRD Active Cable Logical Timing Parameters.....	289
Table 6-21 <i>USB4</i> LRD Tuning Register Snooping.....	298
Table 6-22 Cable Temperature Requirements.....	299
Table 6-23 OIAC <i>USB PD</i> Message Handling.....	306
Table 6-24 Recommended OIAC Sink_Capabilities PDO (SOP) on Initial Connection.....	307
Table 6-25 Recommended OIAC Sink_Capabilities PDO (SOP) on Active Connection.....	307
Table 6-26 Recommended OIAC Active Sink RDO (SOP).....	308
Table 6-27 OIAC <i>USB PD</i> Message Timing.....	311
Table 6-28 Port and Plug Capabilities.....	316
Table 6-29 <i>USB 3.2</i> U-State Requirements.....	335
Table 6-30 <i>USB4</i> CL-State Requirements for OIAC.....	336
Table A-1 Example Measurement Test Conditions.....	340
Table B-1 DTS to TS Port Interoperability.....	347
Table B-2 Rp/Rp Charging Current Values for a DTS Source.....	354
Table B-3 Mandatory and Optional States.....	356
Table D-1 Heat Sources and Heat Dissipation Example (1.5 W cable and 5 A).....	369
Table D-2 <i>USB 3.2</i> Active Cable Design Single Port Case Study at 35 °C Ambient and 60 °C Thermal Boundary (Single Lane).....	370
Table D-3 <i>USB 3.2</i> Active Cable Design Single Port Case Study at 35 °C Ambient and 60 °C Thermal Boundary (Dual Lane).....	373
Table E-1 USB Safe State Electrical Requirements.....	382
Table E-2 USB Billboard Device Class Availability Following Alternate Mode Entry Failure.....	382
Table E-3 Alternate Mode Signal Noise Ingression Requirements.....	382
Table F-1 <i>TBT3</i> Passive Cable Discovery Identity VDO Responses.....	390
Table F-2 <i>TBT3</i> Passive Cable VDO for <i>USB PD</i> Revision 2.0, Version 1.3.....	391
Table F-3 <i>TBT3</i> Passive Cable VDO for <i>USB PD</i> Revision 3.0, Version 1.2.....	391
Table F-4 <i>TBT3</i> Active Cable Discovery Identity VDO Responses.....	392
Table F-5 <i>TBT3</i> Active Cable VDO for <i>USB PD</i> Revision 2.0, Version 1.3.....	393
Table F-6 <i>TBT3</i> Active Cable VDO 1 for <i>USB PD</i> Revision 3.0, Version 1.2.....	393
Table F-7 <i>TBT3</i> Active Cable VDO 2 for <i>USB PD</i> Revision 3.0, Version 1.2.....	394
Table F-8 <i>TBT3</i> Device Discovery Identity VDO Responses.....	395

Table F-9 <i>TBT3</i> Discover SVID VDO Responses.....	396
Table F-10 <i>TBT3</i> Device Discover Mode VDO Responses	397
Table F-11 <i>TBT3</i> Cable Discover Mode VDO Responses.....	398
Table F-12 <i>TBT3</i> Cable Enter Mode Command.....	399
Table F-13 <i>TBT3</i> Device Enter Mode Command	400
Table F-14 <i>TBT3</i> Cable Functional Difference Summary	402
Table G-1 Linear Fit Pulse Extraction Parameters.....	404
Table I-1 USB Type-C Product Example Clarifying Notes.....	415
Table I-2 <i>USB PD</i> Encoding Guidelines for Example Products.....	418

Specification Editor

SpecWerkz

Brad Saunders

Specification Work Group Contributors

The following is a list of contributor companies and the individuals that were members of the work group roster at the time of this release. Note: For historical reasons, the following list also includes individuals that were members of the work group and associated with their company affiliations at the time of each release going back to Release 1.0.

Acroname Inc.	Grant Fritz	Connor Goss	Matt Krugman
Advanced-Connectek, Inc. (ACON)	Victory Chen	Conrad Choy	Alan Tsai
	Glen Chandler	Vicky Chuang	Wayne Wang
	Dennis Cheung	Jessica Feng	Stephen Yang
	Jeff Chien	Aven Kao	Sunney Yang
	Lee (Dick Lee) Ching	Danny Liao	
Advanced Micro Devices	Steve Capezza	Jason Hawken	Joseph Scanlon
	Michael Comai	Juan Martinez	Peter Teng
	Walter Fry	Gerald Merits	Sujan Thomas
	Will Harris	Tim Perley	
Allion Labs, Inc.	Howard Chang	Yan Ken	Minoru Ohara
	Alex Chuang	Lexus Lee	Brian Shih
	Maroco Fan	Stan Lin	Chester Tsai
	Jesse Jiang	Denver Mishima	Chou Tsungbo
	Terry Kao		
Amphenol Corporation	Louis Chan	Terry Ke	Shawn Wei
	Zhineng Fan	Martin Li	Alan Yang
	Jesse Jaramillo	Lino Liu	
Agilent Technologies, Inc.	James Choate		
Analogix Semiconductor, Inc.	Mehran Badii	Haijian Sui	Yueke Tang
	Greg Stewart		
Apple Inc. (USB Promoter company)	Colin Abraham	Brian Follis	Nathan Ng
	Mahmoud Amini	Zheng Gao	James Orr
	Sree Anantharaman	Derek Iwamoto	Keith Porthouse
	Brian Baek	Scott Jackson	Breton Saunders
	Paul Baker	Girault Jones	Reese Schreiber
	Michael Bonham	Keong Kam	Jay Sha
	Jonathan Brown	Kevin Keeler	Sascha Tietz
	Carlos Calderon	Min Kim	Jennifer Tsai
	Jason Chung	Woopoung Kim	Colin Whitby-Strevens
	David Conroy	Alan Kobayashi	Jeff Wilcox
	Bill Cornelius	Alexei Kosut	Eric Wiles
	Christophe Daniel	Christine Krause	Dan Wilson
	Raju Desai	Chris Ligtenberg	Dennis Yarak
	William Ferry	Matthew Mora	
	Aptiv Consumer Connectivity	Andrew Burchett	Moe Elghrawi
ASMedia Technology Inc.	Kuo Lung Li		
Bizlink Technology, Inc.	Alex Chou	CY Tsai	Giovanni Wang
	Morphy Hsieh	Kevin Tsai	

Cadence Design Systems, Inc.	Marcin Behrendt Huzaifa Dalal Pawel Eichler Sanjai Gandhi Sathish Kumar Ganesan	Dariusz Kaczmarczyk Tomasz Klimek Sanjeet Kumar Jie Min Asila Nahas Uyen Nguyen	Neelabh Singh Michal Staworko Fred Stivers Mark Summers Claire Ying
Canova Tech	Piergiorgio Beruto Andrea Maniero	Michael Marioli Antonio Orzelli	Paola Pilla Nicola Scantamburlo
China Telecommunications Technology Labs	Ming Wei		
Cirrus Logic Inc.	Sean Davis	Darren Holding	Brad Lambert
Corning Optical Communication LLC	Wojciech Giziewicz	Ian McKay	Jamie Silva
Cosemi Technologies Inc.	Samir Desai	Devang Parekh	
Credo Semiconductor, Inc.	Jim Bartenslager Yifei Dai Kevin Gao	Yasuo Hidaka Justin Lee Phil Sun	Ping Xiong
Cypress Semiconductor	Chia Hua Chang Mark Fu Naman Jain Savan Javia	Rushil Kadakia Benjamin Kropf Venkat Mandagulathur Anup Nayak	Jagadeesan Raj Sanjay Sancheti Subu Sankaran Anita Thimma Govarthanarajan
Dell	Mohammed Hijazi David Meyers Sean O'Neal	Ken Nicholas Ernesto Ramirez Siddhartha Reddy	Thomas Voor Merle Wood
Dialog Semiconductor (UK) Ltd.	Yimin Chen		
Diodes Incorporated	Kay Annamalai Justin Lee Paul Li	Bob Lo Jaya Shukla Qun Song	Jin-sheng Wang Ada Yip
DisplayLink (UK) Ltd.	Pete Burgers		
DJI Technology Co., Ltd.	Steve Huang		
eEver Technology, Inc.	Chien-Cheng Kuo		
Electronics Testing Center, Taiwan	Sophia Liu		
Elka International Ltd.	Roy Ting		
Ellisys	Abel Astley Rick Bogart	Wenhui Luo Mario Pasquali	Chuck Trefts Tim Wei
Etron Technology, Inc.	Chien-Cheng Kuo		
EverPro Technologies Company, Ltd.	Hui Jiang	Silane Zhou	
Feature Integration Technologies Inc.	Jacky Chan Chen Kris Yulin Lan	KungAn Lin Yuchi Tsao	Paul Yang Amanda Ying

Foxconn / Hon Hai	Patrick Casher Asroc Chen Brandon Chen Joe Chen Allen Cheng Jason Chou Edmond Choy Shruti Deore	Fred Fons Chris Goralka Bob Hall Chien-Ping Kao Ji Li Ann Liu Terry Little Steve Sedio	Christine Tran Pei Tsao AJ Yang Yuan Zhang Jessica Zheng Jie Zheng Andy Yao
Foxlink/Cheng Uei Precision Industry Co., Ltd.	Robert Chen Sunny Chou Carrie Chuang Wen-Chuan Hsu Alex Hsue	Armando Lee Dennis Lee Justin Lin Robert Lu Tse Wu Ting	Steve Tsai Wen Yang Wiley Yang Junjie Yu
Fresco Logic Inc.	Brian Collins	Bob McVay	Christopher Meyers
Google	Naga Viswanadha Udaya Kiran Ammu Alec Berg Joshua Boilard Alec Berg Todd Broch Chao Fei Jim Guerin Jeffrey Hayashida Mark Hayter	Eric Herrmann Nithya Jagannathan Nathan Kolluru Lawrence Lam Adam Langley Benson Leung Abraham Levkoy Ingrid Lin Prashant Malani Richard Palatin	Vincent Palatin Dylan Reid Adam Rodriguez David Schneider Stephan Schooley Toshak Singhal Jameson Thies Ken Wu Songping Wu Diana Zigterman
Granite River Labs	Yung Han Ang Velmurugan Ayyakkannu Rajesh B Pascal Berten Hariprasad Bhat Sandy Chang Allen Chen Swee Guan Chua Alan Chuang	Mike Engbretson Mark Jiang Vishal Kakade Jesson Li Caspar Lin Olivia Lu Bala M Prasannakumar Marikunte Nagaraju Winson Mok	Kristof Mommen Krishna Murthy Amy Peng Johnson Tan Annie Tao Vasudev Uttharahalli Chin Hun Yaep Mike Yang Yun Yang
GuangDong OPPO Mobile Telecommunications Corp, Ltd.	Jerry Qin		
Honor Device Co., Ltd.	Wang Feng		
Hirose Electric Co., Ltd.	Jeremy Buan William Kysiak Sang-Muk Lim	William MacKillop Gourgen Oganessyan	Eungsoo Shin Sid Tono
Hosiden Corporation	Takahisa Otsuji	Fumitake Tamaki	
HP Inc. (USB Promoter company)	Lee Atkinson Srinath Balaraman Rami Bathaniah Roger Benson Alan Berkema	Robin Castell Steve Chen Michael Krause Rahul Lakdawala	Jim Mann Linden McClure Mike Pescetto Asjad Shamim
Huawei Technology Co., Ltd.	Jianhong He Zhengbing Li	Gang Liang	Liansheng Zheng

Hynetek Semiconductor Co., Ltd.	Yingyang Ou	James Xie	
I-PEX (Dai-ichi Seiko)	Alan Kinningham	Jack Ozeki	Ro Richard
Indie Semiconductor	Ian Board	Jim Wilshire	
Infineon Technologies	Godwin Gerald Arulappan	Naman Jain	Shopitham Ram
	Pradeep Baipai	Behzad Jamasbi	Gayathri Vasudevan
	Dominic Gutierrez	Benjamin Kropf	Tue Fatt David Wee
		Venkat Mandagulathur	
Intel Corporation (USB Promoter company)	Dave Ackelson	James Jaussi	Rajaram Regupathy
	Nirmala Bailur	Ziv Kabiry	Oren Salomon
	Mike Bell	Vijaykumar Kadgi	Brad Saunders
	Dmitriy Berchanskiy	Luke Johnson	Tomer Savariego
	Brad Berlin	Jerzy Kolinski	Ehud Shoor
	Pierre Bossart	Rolf Kuhnis	Amit Srivastava
	Huimin Chen	Henrik Leegaard	Einat Surijan
	Kuan-Yu Chen	Edmond Lau	Eliahu Suued
	Hengju Cheng	Xiang Li	Ron Swartz
	Oded David	Yun Ling	Chuen Ming Tan
	Sourabh Das	Guobin Liu	David Thompson
	Jhuda Dayan	Steve McGowan	Pranav Tipnis
	Hem Doshi	Sankaran Menon	Karthi Vadivelu
	Paul Durley	Udaya Natarajan	Venkataramani
	Saranya Gopal	Aruni Nelson	Gopalakrishnan
	Venkataramani Gopalakrishnan	Chee Lim Nge	Tsion Vidal
	Yaniv Hayat	Asutosh Pathak	Stephanie Wallick
	Howard Heck	Sagar Pawar	Rafal Wielicki
	Hao-Han Hsu	Duane Quiet	Devon Worrell
	Seppo Ingalsuo	Amardeep Rai	Gal Yedidia
	Abdul (Rahman) Ismail	Kannappan Rajaraman	Li Yuan
		Sridharan Ranganathan	Reza M. Zamani
			Vitaly Zhivov
Japan Aviation Electronics Industry Ltd. (JAE)	Kenji Hagiwara	Tadashi Okubo	Jussi Takaneva
	Hiroaki Ikeda	Kazuhiro Saito	Junichi Takeuchi
	Masaki Kimura	Kimiaki Saito	Tomohiko Tamada
	Toshio Masumoto	Yuichi Saito	Kentaro Toda
	Kenta Minejima	Mark Saubert	Kouhei Ueda
	Toshiyuki Moritake	Toshio Shimoyama	Takakazu Usami
	Joe Motojima	Tatsuya Shioda	Masahide Watanabe
	Ron Muir	Atsuo Tago	Youhei Yokoyama
	Norihiko Nakamura	Masaaki Takaku	
JPC/Main Super Inc.	Sam Tseng	Ray Yang	
Kandou Bus SA	Amanda Dong	Hitaish Sharma	Paul Wilson
	Majid Foodeei	David Stauffer	
Keysight Technologies Inc.	Jit Lim	Pedro Merlo	Xiao Zhang
Kinetic Technologies, Inc.	Ramesh Dandapani	Jay Slivkoff	Kei Yasuno
	Akihiro Moto	Sireesha Vemulapalli	
Leadtrend	Yao-Wei Hsieh		
LeCroy Corporation	Mike Engbretson	Tyler Joe	Giuseppe Leccia
	Daniel H. Jacobs	Chetan Kopalle	

Lenovo	Rob Bowser Tomoki Harada	Jianye Li Wei Liu	Howard Locker Munefumi Nakata
LG Electronics Inc.	Won-Jong Choi Do Kyun Kim	Jeeyoung Kim	Seung Hyun Yoo
Lintes Technology Co., Ltd.	Tammy Huang Charles Kaun RD Lintes	Max Lo CT Pien	JinYi Tu Jason Yang
Lotes Co., Ltd.	Ariel Delos Reyes Ernest Han Mark Ho Regina Liu-Hwang	Charles Kaun Chi-Chang Lin James Lin Max Lo	John Lynch Scott Shuey JinYi Tu Jason Yang
LSI Corporation	Dave Thompson		
Luxshare-ICT	Josue Castillo Daniel Chen Kenny Chen Lisen Chen Sally Chiu Blue Ho CY Hsu	Alan Kinningham Peter Jhou Antony Lin Gorden Lin John Lin Stone Lin Alan Liu	Sean O'Neal Scott Shuey James Stevens Carr Wang Yangli Wang Eric Wen Pat Young
Maxim Integrated Products	Forrest Christo Ken Helfrich	Sang Kim Jeff Lo	Michael Miskho Jacob Scott
MCCI Corporation	Terry Moore		
MediaTek Inc.	Henry Chen Yishu Hsieh Jason Hsu Liang-Yu Hsu	Jing-Hao Huang Shih Jyun-Yang Akan Lin	Alex YC Lin Tung-Sheng Lin Chasel Wang
MegaChips Corporation	Alan Kobayashi	Satoru Kumashiro	
Mercedes-Benz Research & Development, North America, Inc.	Hans Wickler		
Microchip (SMSC)	Josh Averyt Mark Bohm Shannon Cash Thomas Farkas Fernando Gonzalez	Matthew Kalibat Donald Perkins Richard Petrie Mohammed Rahman Andrew Rogers	John Sisto Anthony Tarascio Kiet Tran Christopher Twigg Prasanna Vengateshan
Microsoft Corporation (USB Promoter company)	Randy Aull Jim Belesiu Michelle Bergeron Fred Bhesania Anthony Chen Philip Froese Vivek Gupta David Hargrove Robbie Harris Teemu Helenius Robert Hollyer Lily Huang	Dan Iatco Kai Inha Jayson Kastens Andrea Keating Shoaib Khan Patrick Law Eric Lee Ivan McCracken Arvind Murching Gene Obie Toby Nixon Arjun Padmanabhan	Praveen Kumar Palacharla Rahul Ramadas Srivatsan Ravindran Nathan Sherman Bala Sivakumar Timo Toivola Vahid Vassey David Voth Andrew Yang Panu Ylihaavisto
Molex LLC	Adib Al Abaji	Alan MacDougall	

Monolithic Power Systems	Junyong Gong Di Han Yuncong Jiang	Istvan Nagy Chris Sporck Ao Sun	Greg Virnig Vincent Wu
MQP Electronics Ltd.	Sten Carlsen	Pat Crowe	
Multilane Inc.	Fadi Daou	Rita Khawaja	Elias Khoury
NEC Corporation	Kenji Oguma		
Newnex Technology Corp.	Sam Liu	Nimrod Peled	
Nokia Corporation	Daniel Gratiot Pekka Leinonen	Samuli Makinen Pekka Talmola	Timo Toivola Panu Ylihaavisto
Nuvoton Technology Corp.	Nimrod Peled		
NVIDIA	Jamie Aitken		
NXP Semiconductors	Mahmoud EL Sabbagh Dennis Ha Ken Jaramillo	Nate Johnson Vijendra Kuroodi Roger Lo	Guru Prasad Wouter Sijm Krishnan TN
Oculus VR LLC	Amish Babu	Marty Evans	Joaquin Fierro
ON Semiconductor	Edward Berrios Rod Comer Eduardo De Reza Alan Finkel	Oscar Freitas Christian Klein Amir Lahooti	Eric Maier Rick Pierce Michael Smith
Parade Technologies, Inc.	Jian Chen Brian Collins Robert McVay	Craig Wiley Paul Xu	Alan Yuen Jingfan Zhang
Power Integrations	Shruti Anand Daryll Bonavente Rahul Joshi	Aditya Kulkarni Akshay Nayaknur	Amruta Patra Kaushik Raam
Qualcomm, Inc.	Lior Amarilio Vara Prasad Arikatla Aris Balatsos Nicholas Cadieux David Chang Tomer Ben Chen Richard Burrows Amit Gil	James Goel Amit Gupta Philip Hardy Will Kun Jonathan Luty Adi Menachem Lalan Mishra George Paparrizos	Vatsal Patel Jack Pham Vamsi Samavedam Matthew Sienko Dmitrii Vasilchenko Joshua Warner Chris Wiesner
Realtek Semiconductor Corp.	Marco Chiu Tsung-Peng Chuang Charlie Hsu Fan-Hau Hsu	Ty Kingsmore Ray Lee Jay Lin Ryan Lin	Terry Lin Chuting Su Jason Wang Changhung Wu
Renesas Electronics Corp. (USB Promoter company)	Kai Bao Yen-Mo Chen Yimin Chen Nobuo Furuya Tony Lai	Philip Leung Mengfei Liu Kiichi Muto Ziba Nami Hajime Nozaki	Yosuke Sasaki Toshifumi Yamaoka Fengshuan Zhou Yuhuan Zhou
Richtek Technology Corp.	Ben Chiang Tzuhsien Chuang Bryan Huang	Max Huang Leo Kang Roger Lo	Ken Shih Alex Yang
Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG	Curtis Donahue Kai Uwe Schmidt	Martin Stumpf	Randy White

Rohm Co., Ltd.	Mark Aaldering Kris Bahar Ruben Balbuena Nobutaka Itakura	Yusuke Kondo Arun Kumar Chris Lin Kazuomi Nagai	Yoshinori Ohwaki Takashi Sato Hiroshi Yoshimura
Samsung Electronics Co., Ltd.	Jaedeok Cha KangSeok Cho Junhwa Choi WooIn Choi Yeongbok Choi Cheolyoon Chung Ilhyung Chung JaeRyong Han Jaehyeok Jang Wonseok Jang	Sung Geun Joo Koyoungwon Kim Sangju Kim Soondo Kim Woonki Kim Jagoun Koo Termi Kwon Cheolho Lee Edward Lee	Jun Bum Lee Jinyoung Oh Chahoon Park Chulwoo Park Youngjin Park Jung Waneui Sunggeun Yoon
SB C&S Corp.	Toshinari Nakamura Morito Ogikubo	Eiji Sakai	Kenji Watanabe
Scosche Industries	Josh Aguilera	Kevin Trejo	
Seagate	Alvin Cox Emmanuel Lemay	Tony Priborsky Tom Skaar	Dan Smith Curtis Stevens
Shenzhen Deren Electronic Co., Ltd.	Smark (Zhudong) Huo Wen Fa Lei	Yang Lirong Valerie Yang	Lucy Zhang
Silicon Line GmbH	Ian Jackson	Boleslaw Wojtowicz	Zhiying Zhang
SiliConch Systems Private Limited	Jaswanth Ammineni Pavitra Balasubramanian Kaustubh Kumar Aniket Mathad	Shubham Paliwal Jinisha Patel Vinay Patel Rakesh Polasa	Vishnu Pusuluri Ranjith S Abhishek Sardeshpande Satish Anand Verkila
Simula Technology Inc.	John Chang Voss Cheng Thomas Li	Jung Lin Jyunming Lin Doris Liu	Richard Liu CK Wang Alice Yu
Softnautics LLP	Bhavesh Desai Hetal Jariwala	Dipakkumar Modi Ishita Shah	Ujjwal Talati
Sony Corporation	Shinichi Hirata	Shigenori Tagami	
Spectra7 Microsystems Corp.	Andrew Kim	James McGrath	John Mitchell
SpecWerkz	Robert Dunstan Amanda Hosler	Diane Lenox Steve McGowan	Brad Saunders
STMicroelectronics (USB Promoter company)	Jerome Bach Nathalie Ballot Filippo Bonaccorso Guenaël Cadier Dominique Chaillot Christophe Cochard Nicolas Florenchie	Cedric Force Gregory Gosciniak Chekib Hammami Joel Huloux Christophe Lorin Yohann Martiniault Patrizia Milazzo	Federico Musarra Pascal Legrand Richard O'Connor Massimo Panzica Nicolas Perrin Mathieu Rouviere
Sumitomo Electric Ind., Ltd.	Takeshi Inoue Yasuhiro Maeda	Wataru Sakurai Sainer Siagian	Masaki Suzuki Mitsuaki Tamura
Synaptics Inc.	Daniel Bogard Dan Ellis	Jeff Lukanc	Prashant Shamarao

Synopsys, Inc.	Prishkrit Abrol Subramaniam Aravindhnan	Morten Christiansen Jaspreet Gambhir Nivin George	Satya Patnala John Stonick
Taiwan Testing and Certification Center	Sophia Liu		
Tektronix, Inc.	Sourabh Das Mark Guenther	Nitin Jhanwar Abhijeet Shinde	Randy White
Texas Instruments (USB Promoter company)	Jawaid Ahmad Kasthuri Annamalai Mike Campbell Prajith Cheerakkoda Greg Collins Gary Cooper Biju Erayamkot Panayamthatta Anant Gole GP Gopalakrishnan Craig Greenberg Richard Hubbard Nate Johnson	Michael Koltun IV Kevin Kosta Yoon Lee Grant Ley Win Maung Shafiuddin Mohammed Lauren Moore Jacob Ontiveros Brian Parten Martin Patoka Jason Peck John Perry	Louis Peryea Brian Quach Sai Karthik Rajaraman Wes Ray Dafydd Roche Anwar Sadat Cory Stewart Sue Vining Bill Waters Deric Waters Gregory Watkins Roy Wojciechowski
Thine Electronica, Inc.	Yuseke Fujita	Shuheii Yamamoto	
Total Phase	Chris Yokum		
Trinity Co., Ltd.	Tetsushi Hoshikawa	Kinya Kishita	
Tyco Electronics Corp. (TE Connectivity Ltd.)	Max Chao Robert E. Cid Calvin Feng Kengo Ijira Eiji Ikematsu Joan Leu Clark Li	Mike Lockyer Jeff Mason Takeshi Nakashima Luis A. Navarro Masako Saito Yoshiaki Sakuma Gavin Shih	Hiroshi Shirai Hidenori Taguchi Nathan Tracy Bernard Vetten Ryan Yu Noah Zhang Sjoerd Zwartkruis
UL LLC	Leo Chung Michael Hu Terry Kao	Dylan Su Henry Tsou Paul Vanderlaan	Eric Wall Lance Yang Chien-Wei Yeh
Unigraf OY	Steven Chen Sergey Grushin	Alexander Gushchin	Topi Lampiranta
Varjo Technologies	Kai Inha		
Ventev Mobile	Brad Cox	Colin Vose	
VIA Technologies Inc.	Terrance Shih	Jay Tseng	Fong-Jim Wang
Weltrend Semiconductor	Hung Chiang Jeng Cheng Liu	Wayne Lo Ho Wen Tsai	Eric Wu
Western Digital, HGST	Larry McMillan		
Xiaomi Communications Co., Ltd.	Xiaoxing Yang	Juejia Zhou	Qi Zhu
Zhuhai iSmartWare Technology Co., Ltd.	Yuanchao Liang	Liu Qiong	Long Zhang

Pre-Release Draft Industry Reviewing Companies That Provided Feedback

Aces	JST Mfg. Co., Ltd.	Pericom
Fairchild Semiconductor	Korea Electric Terminal	Semtech Corporation
Fujitsu Ltd.	Marvell Semiconductor	Silicon Image
Industrial Technology Research Institute (ITRI)	Motorola Mobility LLC	SMK Corporation
Joinsoon Electronics Mfg. Co. Ltd.	PalCONN/PalNova (Palpilot International Corp.)	Toshiba Corporation

Revision History

Release	Date	Description
1.0	August 11, 2014	Initial Release
1.1	April 3, 2015	Reprint release including incorporation of all approved ECNs as of the revision date plus editorial clean-up.
1.2	March 25, 2016	Reprint release including incorporation of all approved ECNs as of the revision date plus editorial clean-up.
1.3	July 14, 2017	Reprint release including incorporation of all approved ECNs as of the revision date plus editorial clean-up.
1.4	March 29, 2019	Reprint release including incorporation of all approved ECNs as of the revision date plus editorial clean-up.
2.0	August 2019	New release primarily for enabling USB4 over USB Type-C connectors and cables. Also includes incorporation of all approved ECNs as of the revision date plus editorial clean-up.
2.1	May 2021	New release primarily for enabling Extended Power Range (EPR) and defining EPR cables aligning with USB Power Delivery Specification R3.1 V1.0. Also includes incorporation of all approved ECNs as the revision date plus editorial clean-up.
2.2	October 2022	New release primarily for enabling USB4 Version 2.0 (80 Gbps) over USB Type-C connectors and cables. Also includes incorporation of all approved ECNs as of the revision date plus editorial clean-up.
2.3	October 2023	New release primarily for <i>deprecating</i> the Audio Adapter Accessory Mode and <i>replacing it with</i> the Liquid Corrosion Mitigation Mode , and for updating the Multi-port Charger Shared Capacity definition and behaviors. Also includes incorporation of all approved ECNs as of the revision date. Note: this release was created using a newly developed document template that includes some style adjustments and editorial clean-up.

1 Introduction

With the continued success of the USB interface, there exists a need to adapt USB technology to serve newer computing platforms and devices as they trend toward smaller, thinner, and lighter form-factors. Many of these newer platforms and devices are reaching a point where existing USB receptacles and plugs are inhibiting innovation, especially given the relatively large size and internal volume constraints of the Standard-A and Standard-B versions of USB connectors. Additionally, as platform usage models have evolved, usability and robustness requirements have advanced, and the existing set of USB connectors were not originally designed for some of these newer requirements. This specification establishes a new USB connector ecosystem that addresses the evolving needs of platforms and devices while retaining all the functional benefits of USB that form the basis for this most popular of computing device interconnects.

1.1 Purpose

This specification defines the USB Type-C® receptacles, plug and cables.

The USB Type-C Cable and Connector Specification is guided by the following principles:

- Enable new and exciting host and device form-factors where size, industrial design and style are important parameters
- Work seamlessly with existing USB host and device silicon solutions
- Enhance ease of use for connecting USB devices with a focus on minimizing user confusion for plug and cable orientation

The USB Type-C Cable and Connector Specification defines a receptacle, plug, cable, and detection mechanisms that are compatible with existing USB interface electrical and functional specifications. This specification covers the following aspects that are needed to produce and use this new USB cable/connector solution in newer platforms and devices, and that interoperate with existing platforms and devices:

- USB Type-C receptacles, including electro-mechanical definition and performance requirements
- USB Type-C plugs and cable assemblies, including electro-mechanical definition and performance requirements
- USB Type-C to legacy cable assemblies and adapters
- USB Type-C-based device detection and interface configuration, including support for legacy connections
- **USB Power Delivery** optimized for the USB Type-C connector

The USB Type-C Cable and Connector Specification defines a standardized mechanism that supports **Alternate Modes**, such as repurposing the connector for docking-specific applications.

1.2 Scope

This specification is intended as a supplement to the existing **USB 2.0**, **USB 3.2**, **USB4®** and **USB Power Delivery** specifications. It addresses only the elements required to implement and support the USB Type-C receptacles, plugs and cables.

Normative information is provided to allow interoperability of components designed to this specification. **Informative** information, when provided, may illustrate possible design implementations.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**INTERFACES DE BUS UNIVERSEL EN SÉRIE POUR
LES DONNÉES ET L'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE –****Partie 1-3: Composants communs –
Spécification des câbles et des connecteurs USB Type-C®**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'IEC attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de brevet revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'IEC avait reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse <https://patents.iec.ch>. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

L'IEC 62680-1-3 a été établie par le domaine technique 18: *Systèmes multimédias domestiques et applications pour réseaux d'utilisateurs finaux, du comité d'études 100 de l'IEC: Systèmes et équipements audio, vidéo et services de données*. Il s'agit d'une Norme internationale.

Le texte de la présente norme a été établi par l'USB Implementers Forum (USB-IF). Les règles structurelles et éditoriales utilisées dans la présente publication reflètent les pratiques en vigueur au sein de l'organisme responsable de sa soumission.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
100/4139/CDV	100/4177/RVC

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à son approbation.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62680, publiées sous le titre général *Interfaces de bus universel en série pour les données et l'alimentation électrique*, se trouve sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de ce document indique qu'il contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer ce document en utilisant une imprimante couleur.

Bus universel en série

Spécification des câbles et

connecteurs de Type-C

Version 2.3
Octobre 2023

Copyright © 2014-2023, USB 3.0 Promoter Group:

**Apple Inc., HP Inc., Intel Corporation, Microsoft Corporation,
Renesas, STMicroelectronics, and Texas Instruments**

All rights reserved.

NOTE: Les adoptants ne peuvent utiliser que les câbles et connecteurs USB Type-C® pour mettre en œuvre une fonctionnalité USB ou tierce, comme cela est expressément décrit dans la présente spécification; toutes les autres utilisations sont interdites.

LICENCE LIMITÉE DE DROITS D'AUTEUR: Les Promoteurs de l'USB 3.0 délivrent une licence conditionnelle de droits d'auteur sous les droits inclus dans la spécification des câbles et connecteurs USB Type-C afin d'utiliser et de reproduire la Spécification dans le seul but, et uniquement si cela est nécessaire, d'évaluer la pertinence de la mise en œuvre de la Spécification aux produits avec des produits conformes à la spécification. Nonobstant ce qui précède, l'utilisation de la Spécification en vue de déposer ou de modifier une demande de brevet relative à la Spécification ou à des produits conformes USB n'est pas autorisée. Hormis cette licence explicite de droits d'auteur, aucun autre droit ou licence n'est accordé, ce sans limitation des licences de brevets. Pour obtenir d'autres licences de propriété intellectuelle ou des engagements concernant les droits associés à la Spécification, une partie doit exécuter l'accord des adoptants de l'USB 3.0. NOTE: En utilisant la Spécification, vous acceptez les termes de cette licence en votre nom et, si vous le faites en qualité d'employé, au nom de votre employeur.

DÉNI DE RESPONSABILITÉ CONCERNANT LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

LA PRÉSENTE SPÉCIFICATION VOUS EST FOURNIE "EN L'ÉTAT", SANS GARANTIE D'AUCUNE SORTE, Y COMPRIS TOUTE GARANTIE DE QUALITÉ MARCHANDE, DE NON-VIOLATION OU D'ADÉQUATION À UN USAGE PARTICULIER. LES AUTEURS DE LA PRÉSENTE SPÉCIFICATION DÉCLINENT TOUTE RESPONSABILITÉ, Y COMPRIS TOUTE RESPONSABILITÉ RELATIVE À LA VIOLATION DE DROITS DE PROPRIÉTÉ, EN CE QUI CONCERNE L'UTILISATION OU LA MISE EN ŒUVRE DES INFORMATIONS CONTENUES DANS LA PRÉSENTE SPÉCIFICATION. LA MISE À DISPOSITION DE LA PRÉSENTE SPÉCIFICATION N'IMPLIQUE L'OCTROI D'AUCUNE LICENCE, EXPRESSE OU IMPLICITE, PAR PERCLUSION OU AUTRE, SUR AUCUN DROIT DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE.

L'ensemble des exemples de mises en œuvre et des conceptions de référence contenus dans la présente Spécification est inclus dans le cadre de la licence de brevet limitée pour les sociétés qui appliquent l'accord des adoptants de l'USB 3.0.

USB Type-C®, USB-C® et USB4® sont des marques de l'Universal Serial Bus Implementers Forum (USB-IF). DisplayPort™ est une marque de VESA. Tous les noms de produits sont des marques, des marques déposées ou des marques de service de leurs propriétaires respectifs.

Thunderbolt™ est une marque commerciale d'Intel Corporation. La marque ou le logo Thunderbolt™ ne peut être utilisé qu'avec des produits conçus selon cette spécification, qui ont reçu la certification appropriée et sont utilisés dans le cadre d'une licence de la marque Thunderbolt™ – voir <https://www.usb.org/compliance> pour plus d'informations.

Sommaire

AVANT-PROPOS	428
Éditeur de la spécification	447
Contributeurs du groupe de travail de la spécification	447
Sociétés du secteur qui ont apporté leurs commentaires au stade révision de la version initiale	455
Historique des révisions.....	455
1 Introduction.....	456
1.1 Objet	456
1.2 Domaine d'application	456
1.3 Documents connexes.....	457
1.4 Conventions.....	457
1.4.1 Ordre de priorité.....	457
1.4.2 Mots-clés	457
1.4.3 Numérotation.....	458
1.5 Termes et abréviations.....	458
2 Vue d'ensemble.....	464
2.1 Introduction	464
2.2 Fiches, embases et câbles USB Type-C	465
2.3 Processus de configuration	466
2.3.1 Détection des branchements/débranchements entre la source et le destinataire	467
2.3.2 Détection de l'orientation de la fiche ou des câbles torsadés.....	467
2.3.3 Détection de l'alimentation initiale (source-destinataire) et établissement de la relation avec les données (hôte-dispositif)	467
2.3.4 Détection et utilisation du courant VBUS USB Type-C	468
2.3.5 Communications <i>USB PD</i>	469
2.3.6 Extensions fonctionnelles.....	469
2.4 VBUS.....	469
2.5 VCONN.....	470
2.6 Hubs.....	470
3 Mécanique.....	471
3.1 Vue d'ensemble.....	471
3.1.1 Connecteurs conformes.....	471
3.1.2 Ensembles câble-connecteurs conformes	471
3.1.3 Ensembles câble-connecteurs USB Type-C vers existant conformes	472
3.1.4 Ensembles adaptateurs USB Type-C vers existant conformes	473
3.2 Interfaces de couplage des connecteurs USB Type-C	474
3.2.1 Définition de l'interface	474

3.2.2	Schémas de référence.....	501
3.2.3	Affectation des broches et descriptions	512
3.3	Construction des câbles et affectation des fils	513
3.3.1	Construction des câbles (<i>informative</i>).....	514
3.3.2	Affectation des fils.....	516
3.3.3	Calibres de fil et diamètres de câble (<i>informatifs</i>).....	517
3.4	Ensembles câble-connecteurs USB Type-C normalisés	519
3.4.1	Ensemble câble-connecteurs USB Type-C Complet	519
3.4.2	Ensemble câble-connecteurs <i>USB 2.0</i> Type-C.....	521
3.4.3	Ensemble câble-connecteurs captif USB Type-C.....	521
3.4.4	Ensemble USB Type-C.....	522
3.5	Ensembles câble-connecteurs existants.....	522
3.5.1	Ensemble câble-connecteurs USB Type-C vers <i>USB 3.1</i> Standard-A.....	523
3.5.2	Ensemble câble-connecteurs USB Type-C vers <i>USB 2.0</i> Standard-A.....	525
3.5.3	Ensemble câble-connecteurs USB Type-C vers <i>USB 3.1</i> Standard-B.....	526
3.5.4	Ensemble câble-connecteurs USB Type-C vers <i>USB 2.0</i> Standard-B.....	528
3.5.5	Ensemble câble-connecteurs USB Type-C vers <i>USB 2.0</i> Mini-B.....	529
3.5.6	Ensemble câble-connecteurs USB Type-C vers <i>USB 3.1</i> Micro-B.....	530
3.5.7	Ensemble câble-connecteurs USB Type-C vers <i>USB 2.0</i> Micro-B.....	531
3.6	Ensembles adaptateurs existants.....	532
3.6.1	Ensemble adaptateur USB Type-C vers embase <i>USB 3.1</i> Standard-A.....	532
3.6.2	Ensemble adaptateur USB Type-C vers embase <i>USB 2.0</i> Micro-B.....	533
3.7	Caractéristiques électriques	534
3.7.1	Câble brut (<i>informatif</i>).....	535
3.7.2	Ensembles câble-connecteurs passifs USB Type-C vers USB Type-C.....	536
3.7.3	Connecteur couplé (<i>informatif</i> – <i>USB 3.2</i> Gen2 et <i>USB4</i> Gen2)	562
3.7.4	Exigences SI et essais de l'embase (<i>normatifs</i> – <i>USB4</i> Gen3/Gen4)	567
3.7.5	Ensembles câble-connecteurs USB Type-C vers USB existant (<i>normatifs</i>).....	569
3.7.6	Ensembles adaptateurs USB Type-C vers USB existants (<i>normatifs</i>).....	573
3.7.7	Exigences relatives à l'efficacité de l'écrantage (<i>normatives</i>).....	576
3.7.8	Exigences électriques en courant continu (<i>normatives</i>).....	578
3.8	Exigences mécaniques et environnementales (<i>normatives</i>)	582
3.8.1	Exigences mécaniques	582
3.8.2	Exigences environnementales.....	587
3.9	Applications d'accueil (<i>informatives</i>)	589
3.10	Notes relatives à la mise en œuvre et guides de conception	590
3.10.1	Gestion de la CEM (<i>informative</i>).....	590

3.10.2	Espacement physique des connecteurs empilés et adjacents (<i>informatif</i>)	594
3.10.3	Remarques sur le couplage des câbles (<i>informatives</i>)	594
3.11	Câbles EPR (Extended Power Range)	595
3.11.1	Exigences électriques	595
3.11.2	Exigences d'identification du câble EPR	595
4	Fonctionnel	596
4.1	Récapitulatif des signaux	596
4.2	Description des broches de signal	596
4.2.1	Broches <i>USB 3.2/USB4</i>	596
4.2.2	Broches <i>USB 2.0</i>	597
4.2.3	Broches de signal auxiliaire	597
4.2.4	Broches d'alimentation et de masse	597
4.2.5	Broches de configuration	597
4.3	Utilisation en bande latérale (SBU)	597
4.4	Alimentation et masse	598
4.4.1	Chute de tension ohmique	598
4.4.2	V _{BUS}	599
4.4.3	V _{CONN}	600
4.5	Canal de configuration (CC)	606
4.5.1	Vue d'ensemble de l'architecture	606
4.5.2	Exigences fonctionnelles et comportementales des broches CC	621
4.5.3	Comportement d'interopérabilité des ports USB	663
4.6	Alimentation	687
4.6.1	Exigences relatives à l'alimentation pendant la veille USB	688
4.6.2	Alimentation de la V _{BUS} par câble USB Type-C	689
4.7	Hubs USB	695
4.8	Alimentation et charge	696
4.8.1	DFP comme source d'alimentation	696
4.8.2	Méthodes de charge non USB	699
4.8.3	Hôte destinataire	699
4.8.4	Dispositif d'alimentation	699
4.8.5	Charge d'un système avec une batterie déchargée	700
4.8.6	Chargeurs multiports USB Type-C	700
4.9	Câbles avec marquage électronique	704
4.9.1	Valeurs de paramètres	706
4.9.2	Câbles actifs	706
4.10	Accessoires alimentés par V _{CONN} (VPA) et dispositifs USB alimentés par V _{CONN} (VPD)	707

4.10.1	Accessoires alimentés par VCONN (VPA)	707
4.10.2	Dispositifs alimentés par VCONN (VPD)	707
4.11	Valeurs de paramètres	709
4.11.1	Paramètres de terminaison	709
4.11.2	Paramètres de temporisation	711
4.11.3	Paramètres de tension	714
5	Découverte et mise en service <i>USB4</i>	716
5.1	Vue d'ensemble du processus de découverte et de mise en service	716
5.2	Exigences fonctionnelles concernant l' <i>USB4</i>	717
5.2.1	Exigences fonctionnelles concernant les hôtes <i>USB4</i>	717
5.2.2	Exigences fonctionnelles concernant les dispositifs USB	717
5.2.3	Prise en charge du mode alternatif <i>USB4</i>	717
5.3	Exigences d'alimentation <i>USB4</i>	718
5.3.1	Exigences d'alimentation de la source	718
5.3.2	Exigences d'alimentation du destinataire	718
5.3.3	Exigences relatives à la gestion de l'alimentation d'un dispositif	719
5.4	Exigences relatives au processus de découverte et de mise en service de l' <i>USB4</i>	719
5.4.1	Connexion USB Type-C initiale	719
5.4.2	Contrat d'alimentation USB	720
5.4.3	Processus de découverte et de mise en service de l' <i>USB4</i>	720
5.4.4	Fonctionnement après mise en service de l' <i>USB4</i>	726
5.5	Exigences relatives à la connexion des hubs <i>USB4</i>	727
5.5.1	Exigences relatives à la connexion initiale des ports d'un hub <i>USB4</i>	727
5.5.2	Découverte des capacités de l'hôte et de l'UFP d'un hub <i>USB4</i>	727
5.5.3	Exigences relatives à la connexion au DFP d'un hub	728
5.5.4	Exemples de processus de comportement de connexion des ports d'un hub	729
5.5.5	Connexion aux hubs <i>USB4</i> en aval	737
5.5.6	Exigences fonctionnelles concernant le repli des hubs <i>USB4</i>	737
5.6	Exigences relatives à la connexion des dispositifs <i>USB4</i>	737
5.6.1	Mise en correspondance de repli des fonctions périphériques <i>USB4</i> vers les types de classes de dispositifs USB	737
5.7	Valeurs de paramètres	739
5.7.1	Paramètres de temporisation	739
6	Câbles actifs	740
6.1	Spécifications générales applicables à tous les câbles actifs	740
6.1.1	Découverte des caractéristiques d'un câble actif	740
6.1.2	Exigences électriques	742

6.1.3	Exigences mécaniques	782
6.2	Spécifications supplémentaires pour les câbles actifs cuivre et optiques hybrides	784
6.2.1	Schéma fonctionnel d'un câble actif.....	784
6.2.2	Prise en charge du mode asymétrique <i>USB4</i>	785
6.2.3	Exigences relatives aux câbles actifs <i>USB PD</i>	785
6.2.4	Comportements des câbles actifs en réponse aux événements <i>USB PD</i>	785
6.2.5	Exigences d'alimentation des câbles actifs	785
6.3	Spécifications supplémentaires pour les câbles actifs à isolation optique	786
6.3.1	Schémas fonctionnels des câbles OIAC	786
6.3.2	Limitations et exigences générales concernant les câbles OIAC	789
6.3.3	Exigences d'alimentation des câbles OIAC.....	791
6.3.4	Exigences relatives à l' <i>USB PD</i> d'un OIAC	791
6.3.5	Processus et diagrammes d'états de connexion des câbles OIAC	805
6.3.6	Exigences électriques supplémentaires applicables aux câbles OIAC	829
6.3.7	Exigences mécaniques supplémentaires applicables aux câbles OIAC	833
A	Mode inhibition de corrosion liquide.....	834
A.1	Vue d'ensemble.....	834
A.2	Description	835
A.3	Méthodes de détection de liquide	836
A.3.1	Méthode de mesure des liquides	837
A.3.2	Méthode de mesure par impulsions	837
A.3.3	Méthode de mesure de l'impédance.....	838
A.4	Broches de détection de liquide dans le connecteur.....	841
B	Mode accessoire de débogage.....	844
B.1	Vue d'ensemble.....	844
B.2	Fonctionnel.....	844
B.2.1	Récapitulatif des signaux.....	845
B.2.2	Interopérabilité des ports	845
B.2.3	Entrée en mode accessoire de débogage.....	845
B.2.4	Diagrammes d'états de connexion	846
B.2.5	Comportements d'interopérabilité des ports d'un DTS.....	855
B.2.6	Détection de l'orientation	865
B.3	Exigences de sécurité/confidentialité	866
C	Audio numérique USB Type-C	867
C.1	Vue d'ensemble.....	867
C.2	Spécifications USB Type-C audio numérique	867
D	Considérations relatives à la conception thermique des câbles actifs.....	869

D.1	Introduction	869
D.2	Modèle	869
D.2.1	Hypothèses	869
D.2.2	Architecture du modèle.....	870
D.2.3	Sources de chaleur.....	871
D.2.4	Flux thermique.....	871
D.3	Câble actif <i>USB 3.2</i> à voie unique	873
D.3.1	Considérations relatives à la conception des câbles actifs <i>USB 3.2</i> à voie unique.....	873
D.4	Câbles actifs à double voie.....	876
D.4.1	Considérations relatives à la conception des câbles actifs <i>USB 3.2</i> à double voie.....	877
D.4.2	Câble actif <i>USB 3.2</i> à double voie en configuration à plusieurs ports	879
D.5	Considérations relatives à la conception des hôtes et des dispositifs <i>USB 3.2</i>	881
D.5.1	Diffusion thermique ou refroidissement à partir de l'hôte ou du dispositif.....	881
D.5.2	Contrôle de la température de la carte mère	882
D.5.3	Espacement élargi des ports pour les applications à plusieurs ports.....	882
D.5.4	Stratégies d'alimentation.....	882
E	Modes alternatifs	883
E.1	Architecture des modes alternatifs.....	883
E.2	Exigences relatives aux modes alternatifs.....	883
E.2.1	Réaffectation des broches en mode alternatif.....	884
E.2.2	Exigences électriques relatives aux modes alternatifs	885
E.3	Valeurs de paramètres.....	888
E.4	Exemple de mode alternatif – Station d'accueil USB DisplayPort™	888
E.4.1	Exemple de station d'accueil USB DisplayPort™	889
E.4.2	Vue d'ensemble fonctionnelle.....	890
E.4.3	Récapitulatif fonctionnel.....	891
E.5	Exemple de processus d'entrée dans un mode alternatif avec avertissements de câble.....	892
E.5.1	Récapitulatif fonctionnel.....	893
F	Découverte de compatibilité et mise en service de Thunderbolt™ 3	895
F.1	Exigences fonctionnelles concernant le mode de compatibilité <i>TBT3</i>	895
F.1.1	Exigences d'alimentations compatibles <i>TBT3</i>	895
F.1.2	Exigences relatives aux hôtes compatibles <i>TBT3</i>	895
F.1.3	Exigences en amont concernant les dispositifs compatibles <i>TBT3</i>	895
F.1.4	Exigences en aval concernant les dispositifs compatibles <i>TBT3</i>	895
F.1.5	Dispositif autoalimenté compatible <i>TBT3</i> sans règles prédéfinies pour les ports en amont	896
F.1.6	Dispositifs compatibles <i>TBT3</i> avec câble captif	896
F.2	Processus de découverte et de mise en service <i>TBT3</i>	896

F.2.1	Réponses de découverte d'identité d'un câble passif <i>TBT3</i>	898
F.2.2	Réponses de découverte d'identité d'un câble actif <i>TBT3</i>	901
F.2.3	Réponses de découverte d'identité d'un dispositif <i>TBT3</i>	904
F.2.4	Réponses de découverte de <i>SVID TBT3</i>	905
F.2.5	Réponses de découverte de mode d'un dispositif <i>TBT3</i>	906
F.2.6	Réponses de découverte de mode d'un câble <i>TBT3</i>	907
F.2.7	Commande Enter Mode d'un câble <i>TBT3</i>	908
F.2.8	Commande Enter Mode d'un dispositif <i>TBT3</i>	909
F.2.9	Récapitulatif des différences fonctionnelles entre les câbles <i>TBT3</i>	911
G	Extraction de la réponse aux impulsions des données échantillonnées et calcul du bruit de non-linéarité	913
H	Considérations relatives à la conception <i>USB PD</i> haute tension.....	915
H.1	Éventuels dommages dus à l'arc lors du retrait du câble.....	915
H.2	Arc lors du retrait du câble <i>USB Type-C</i>	915
H.3	Atténuation des dommages dus à l'arc lors du retrait du câble en raison d'une décharge du destinataire.....	917
H.3.1	Limitation de la vitesse de décharge du destinataire	918
H.3.2	Retrait de la charge	920
H.3.3	Limitation de la capacité électrique de la source.....	922
I	Lignes directrices de codage <i>USB PD</i> pour les types de produits <i>USB Type-C</i>	923
I.1	Définition des types de produits <i>USB Type-C</i> et des codages <i>USB PD</i>	923
I.2	Tableaux des lignes directrices de codage <i>USB PD</i>	924
I.3	Exemples détaillés.....	931
I.3.1	Hôte <i>USB 3.2</i> – pas de <i>CC</i> – Consommateur d'alimentation: <i>DRP</i> (source ou destinataire) / Non <i>DRD</i> (<i>DFP</i>)	931
I.3.2	Périphérique <i>USB 3.2</i> – Fournisseur d'alimentation: <i>DRP</i> (source ou destinataire) / Non <i>DRD</i> (<i>UFP</i>)	932
I.3.3	Hôte <i>USB4</i> – Consommateur d'alimentation: <i>DRP</i> (source ou destinataire) / Non <i>DRD</i> (<i>DFP</i>)... 932	
I.3.4	<i>USB4</i> Hôte – <i>DC USB4</i> – Équivalent partiel ou aucun équivalent <i>USB</i> : <i>DRP</i> (source ou destinataire) / <i>DRD</i>	933
I.3.5	Périphérique <i>USB4</i> : <i>UFP</i> (destinataire).....	934
I.3.6	Station d'accueil <i>USB4</i> (amont) – Fournisseur d'alimentation: <i>DRP</i> (source ou destinataire) / Non <i>DRD</i> (<i>UFP</i>).....	935
I.3.7	Hub <i>USB4</i> (aval) – <i>DFP</i> (source)	935
J	Hypothèses de conception pour la spécification de câble <i>LRD USB4 Gen4</i>	937

Figures

Figure 2-1	Interface d'une embase <i>USB Type-C</i> (vue de face)	465
Figure 2-2	Interface d'une fiche <i>USB Type-C</i> Complète (vue de face)	465

Figure 3-1 Dimensions d'interface d'une embase USB Type-C.....	477
Figure 3-2 Schéma de référence des zones de contact d'un ressort CEM externe pour une fiche USB Type-C.....	481
Figure 3-3 Dimensions d'interface d'une fiche USB Type-C Complète.....	482
Figure 3-4 Empreinte de référence d'une embase USB Type-C montée à la verticale (<i>informative</i>).....	486
Figure 3-5 Empreinte de référence d'une embase USB Type-C montée en surface, à angle droit et sur deux rangées (<i>informative</i>).....	487
Figure 3-6 Empreinte de référence d'une embase USB Type-C hybride montée à angle droit (<i>informative</i>).....	488
Figure 3-7 Empreinte de référence d'une embase USB Type-C montée en surface, au centre et sur deux rangées (<i>informative</i>).....	490
Figure 3-8 Empreinte de référence d'une embase USB Type-C hybride montée au centre (<i>informative</i>).....	491
Figure 3-9 Empreinte de référence d'une embase <i>USB 2.0</i> Type-C à insérer montée à angle droit (<i>informative</i>).....	493
Figure 3-10 Empreinte de référence d'une embase <i>USB 2.0</i> Type-C montée à angle droit sur une rangée (<i>informative</i>).....	494
Figure 3-11 Dimensions d'interface d'une fiche <i>USB 2.0</i> Type-C.....	495
Figure 3-12 Exigences relatives à la pointe du ressort d'écrantage CEM d'une fiche USB Type-C.....	500
Figure 3-13 Schéma de référence de la plaque médiane de l'embase.....	501
Figure 3-14 Schéma de référence du verrou latéral.....	503
Figure 3-15 Représentation du verrou brasé à la masse de la carte d'accès.....	504
Figure 3-16 Schéma de référence du ressort CEM interne d'une fiche USB Type-C Complète.....	505
Figure 3-17 Schéma de référence du ressort CEM interne d'une fiche <i>USB 2.0</i> Type-C.....	506
Figure 3-18 Schéma de référence d'une plaque CEM interne.....	508
Figure 3-19 Schéma de référence d'une embase USB Type-C équipée de ressorts CEM externes.....	509
Figure 3-20 Conception de référence de la carte d'accès d'une fiche USB Type-C Complète.....	511
Figure 3-21 Représentation d'une coupe d'un câble USB Type-C Complet; exemple de fil coaxial avec VCONN.....	514
Figure 3-22 Représentation d'une coupe d'un câble USB Type-C Complet; exemple de fil coaxial sans VCONN.....	515
Figure 3-23 Ensemble câble-connecteurs USB Type-C Complet normalisé.....	519
Figure 3-24 Ensemble câble-connecteurs USB Type-C vers <i>USB 3.1</i> Standard-A.....	523
Figure 3-25 Ensemble câble-connecteurs USB Type-C vers <i>USB 2.0</i> Standard-A.....	525
Figure 3-26 Ensemble câble-connecteurs USB Type-C vers <i>USB 3.1</i> Standard-B.....	526
Figure 3-27 Ensemble câble-connecteurs USB Type-C vers <i>USB 2.0</i> Standard-B.....	528
Figure 3-28 Ensemble câble-connecteurs USB Type-C vers <i>USB 2.0</i> Mini-B.....	529
Figure 3-29 Ensemble câble-connecteurs USB Type-C vers <i>USB 3.1</i> Micro-B.....	530
Figure 3-30 Ensemble câble-connecteurs USB Type-C vers <i>USB 2.0</i> Micro-B.....	531
Figure 3-31 Ensemble adaptateur USB Type-C vers embase <i>USB 3.1</i> Standard-A.....	532
Figure 3-32 Ensemble adaptateur USB Type-C vers embase <i>USB 2.0</i> Micro-B.....	534
Figure 3-33 Représentation des points d'essai pour un ensemble câble-connecteurs couplé.....	536
Figure 3-34 Exigence concernant la perte d'insertion différentielle recommandée (<i>USB 3.2</i> Gen2 et <i>USB 4</i> Gen2).....	537
Figure 3-35 Exigence concernant le facteur d'adaptation différentiel recommandé.....	538
Figure 3-36 Exigence concernant la diaphonie différentielle recommandée.....	538
Figure 3-37 Exigence concernant la paradiaphonie et la télédiaphonie différentielles recommandées entre la paire USB D+/D- et les paires TX/RX.....	539
Figure 3-38 Exigence concernant la perte d'insertion différentielle recommandée (<i>USB 4</i> Gen3/Gen4).....	540
Figure 3-39 Représentation de l'ajustement de la perte d'insertion à la fréquence de Nyquist.....	541
Figure 3-40 Spectre d'une impulsion en entrée.....	542
Figure 3-41 Limite IMR en fonction de $IL_{fitatNq}$	543
Figure 3-42 Limite IRL en fonction de $IL_{fitatNq}$	545
Figure 3-43 Exigence concernant la conversion du mode différentiel en mode commun.....	546

Figure 3-44 Limite IMR en fonction de ILfit à 10 GHz (USB4 Gen3/Gen4)	550
Figure 3-45 Définition du port, de la victime et de l'agresseur	551
Figure 3-46 Limite IXT_DP et IXT_USB en fonction de ILfit à 10 GHz (USB4 Gen3/Gen4)	552
Figure 3-47 Limite IRL en fonction de ILfit à 10 GHz (USB4 Gen3/Gen4).....	552
Figure 3-48 Exigence concernant la conversion du mode différentiel en mode commun (USB4 Gen3/Gen4).....	553
Figure 3-49 Ensemble câble-connecteurs dans le système.....	554
Figure 3-50 Exigence concernant le couplage différentiel entre le fil CC et le fil D+/D-	557
Figure 3-51 Exigence concernant le couplage asymétrique entre le fil CC et le fil D- dans les câbles USB 2.0 Type-C	557
Figure 3-52 Exigence concernant le couplage asymétrique entre le fil CC et le fil D- dans les câbles USB Type-C Complets.....	558
Figure 3-53 Exigence concernant le couplage différentiel entre le fil VBUS et le fil D+/D-.....	559
Figure 3-54 Exigence concernant le couplage asymétrique entre SBU_A et SBU_B	560
Figure 3-55 Exigence concernant le couplage asymétrique entre SBU_A/SBU_B et CC	560
Figure 3-56 Exigence concernant le couplage entre SBU_A et D+/D- en mode différentiel, et entre SBU_B et D+/D- en mode différentiel.....	561
Figure 3-57 Représentation du connecteur couplé USB Type-C.....	562
Figure 3-58 Limites d'impédance recommandées d'un connecteur couplé USB Type-C.....	563
Figure 3-59 Dimensions recommandées des vides de masse pour une embase USB Type-C.....	564
Figure 3-60 Limites recommandées pour la paradiaphonie et la télédiaphonie différentielles entre la paire D+/D- et les paires TX/RX.....	566
Figure 3-61 Limites recommandées pour la conversion du mode différentiel en mode commun	567
Figure 3-62 Limite IMR en fonction de ILfitatNq pour un ensemble câble-connecteurs USB Type-C vers existant.....	572
Figure 3-63 Limite IRL en fonction de ILfitatNq pour un ensemble câble-connecteurs USB Type-C vers existant	572
Figure 3-64 Essai d'efficacité de l'écrantage d'un ensemble câble-connecteurs	576
Figure 3-65 Critères de réussite et d'échec pour l'efficacité de l'écrantage.....	577
Figure 3-66 Diagramme de mesure de la LLCR.....	578
Figure 3-67 Point de mesure de la température.....	580
Figure 3-68 Exemple de configuration de la piste de montage pour l'essai du courant assigné	581
Figure 3-69 Exemple de montage d'essai de continuité sur 4 axes	583
Figure 3-70 Exemple de montage d'essai de résistance à l'arrachement pour les fiches sans surmoulage	586
Figure 3-71 Montage d'essai de continuité/résistance à l'arrachement de référence	586
Figure 3-72 Exemple de point de défaillance mécanique pour l'essai de résistance à l'arrachement	587
Figure 3-73 Essai de résistance à l'arrachement avec un câble dans le montage.....	587
Figure 3-74 Exemple de collerette pour une embase de câble USB Type-C.....	589
Figure 3-75 Lignes directrices relatives à la CEM pour les verrous latéraux et la plaque médiane	591
Figure 3-76 Connexions du doigt CEM sur l'enveloppe de la fiche	591
Figure 3-77 Connexions de la plaque CEM sur l'enveloppe de l'embase.....	592
Figure 3-78 Exemples d'ouvertures de connecteur	593
Figure 3-79 Espacement minimal recommandé entre les connecteurs.....	594
Figure 3-80 Espace minimal recommandé pour le surmoulage de la fiche	594
Figure 3-81 Surmoulage de la fiche de câble et surface inclinée	595
Figure 4-1 Chute de tension ohmique d'un câble	598
Figure 4-2 Chute de tension ohmique des câbles alimentés	599
Figure 4-3 Modèle logique du routage du bus de données à voie unique sur les ports USB Type-C	607
Figure 4-4 Modèle logique des ports USB Type-C du dispositif à voie unique et connexion directe	608
Figure 4-5 Modèle CC de polarisation/dépolarisation	610
Figure 4-6 Modèle CC de source de courant/dépolarisation.....	610
Figure 4-7 Modèle fonctionnel des broches CC1 et CC2 d'une source.....	613

Figure 4-8 Modèle fonctionnel d'une source prenant en charge <i>USB PD PR_Swap</i>	614
Figure 4-9 Modèle fonctionnel des broches CC1 et CC2 d'un destinataire	615
Figure 4-10 Modèle fonctionnel d'un destinataire prenant en charge l' <i>USB PD PR_Swap</i> et <i>VCONN_Swap</i>	616
Figure 4-11 Modèle fonctionnel des broches CC1 et CC2 d'une <i>DRP</i>	617
Figure 4-12 Diagramme d'états de connexion: Source	622
Figure 4-13 Diagramme d'états de connexion: Destinataire	624
Figure 4-14 Diagramme d'états de connexion: Destinataire avec prise en charge des accessoires	625
Figure 4-15 Diagramme d'états de connexion: <i>DRP</i>	627
Figure 4-16 Diagramme d'états de connexion: <i>DRP</i> avec prise en charge de l'état <i>Try.SRC</i> et des modes accessoires	628
Figure 4-17 Diagramme d'états de connexion: <i>DRP</i> avec prise en charge de l'état <i>Try.SNK</i> et des modes accessoires	630
Figure 4-18 Diagramme d'états de connexion: <i>VPD</i> de charge	632
Figure 4-19 Sous-états Sink Power	657
Figure 4-20 Diagramme d'états de connexion par câble passif avec marqueur électronique	659
Figure 4-21 Diagramme d'états de connexion par câble actif avec marqueur électronique	659
Figure 4-22 Diagramme d'états de gestion de câble <i>Ra</i>	661
Figure 4-23 Modèle fonctionnel d'une source branchée à un destinataire	664
Figure 4-24 Modèle fonctionnel d'une source branchée à une <i>DRP</i>	665
Figure 4-25 Modèle fonctionnel d'une <i>DRP</i> branchée à un destinataire	666
Figure 4-26 Modèle fonctionnel d'une <i>DRP</i> branchée à une <i>DRP</i> – CAS n° 1	668
Figure 4-27 Modèle fonctionnel d'une <i>DRP</i> branchée à une <i>DRP</i> – CAS n° 2 et 3	669
Figure 4-28 Modèle fonctionnel d'une source branchée à une source	672
Figure 4-29 Modèle fonctionnel d'un destinataire branché à un destinataire	673
Figure 4-30 Modèle fonctionnel d'une <i>DRP</i> branchée à un <i>VPD</i>	674
Figure 4-31 Exemple de modèle de <i>DRP-VPD</i> de charge	675
Figure 4-32 Modèle fonctionnel d'une source branchée à un port de dispositif existant	683
Figure 4-33 Modèle fonctionnel d'un port hôte existant branché à un destinataire	684
Figure 4-34 Modèle fonctionnel d'une <i>DRP</i> branchée à un port de dispositif existant	685
Figure 4-35 Modèle fonctionnel d'un port hôte existant branché à une <i>DRP</i>	686
Figure 4-36 Surveillance du courant par le destinataire avec les modèles de broches CC à polarisation/dépolarisation	690
Figure 4-37 Surveillance du courant par le destinataire avec les modèles de broches CC à source de courant/dépolarisation	691
Figure 4-38 <i>USB PD</i> sur les broches CC	692
Figure 4-39 Signalisation <i>BMC USB PD</i> sur les broches CC	693
Figure 4-40 Sortie d'un câble USB Type-C en tant que fonction de charge USB Type-C non PD	698
Figure 4-41 Sortie d'un câble USB Type-C de chargeur <i>USB PD</i> de 0 A à 3 A en tant que fonction de charge	698
Figure 4-42 Sortie d'un câble USB Type-C de chargeur <i>USB PD</i> de 3 A à 5 A en tant que fonction de charge	699
Figure 4-43 Câble avec marquage électronique, <i>VCONN</i> étant connectée par le câble	705
Figure 4-44 Câble avec marquage électronique, avec <i>SOP</i> ' à chaque extrémité	706
Figure 4-45 Exemple de cas d'utilisation d'un dispositif USB alimenté par <i>VCONN</i> de charge	709
Figure 4-46 Temporisation des <i>DRP</i>	712
Figure 5-1 Modèle du processus de découverte et de mise en service de l' <i>USB4</i>	721
Figure 5-2 Alignement du processus de connexion d'un hub <i>USB4</i> sur un hôte et un dispositif <i>USB4</i>	730
Figure 5-3 Processus de connexion d'un hub <i>USB4</i> avec un hôte <i>USB 3.2</i> et un dispositif <i>USB4</i>	731
Figure 5-4 Alignement du processus de connexion d'un hub <i>USB4</i> sur un hôte <i>USB4</i> et un dispositif <i>USB 3.2</i>	732
Figure 5-5 Processus de connexion d'un hub <i>USB4</i> avec un hôte et un dispositif <i>USB 3.2</i>	733
Figure 5-6 Processus de connexion d'un hub <i>USB4</i> avec un hôte <i>USB4</i> et un dispositif en mode alternatif DP	735

Figure 5-7 Processus de connexion d'un hub <i>USB4</i> avec un hôte <i>USB 3.2</i> et un dispositif en mode alternatif DP	736
Figure 6-1 Topologies des câbles actifs	743
Figure 6-2 Points d'essai électrique USB SuperSpeed	746
Figure 6-3 Montage d'essai de conformité USB SuperSpeed	747
Figure 6-4 Définition des points de conformité.....	751
Figure 6-5 Masque de facteur d'adaptation différentiel RX	752
Figure 6-6 Montage d'essai de conformité du câble actif fondé sur le circuit de retemporalisation.....	753
Figure 6-7 Exemple de variation de fréquence de l'émetteur pendant un basculement d'horloge	756
Figure 6-8 Montage d'essai fonctionnel du câble actif.....	757
Figure 6-9 Montage de conformité du câble actif fondé sur le circuit d'amplification linéaire.....	758
Figure 6-10 Paramètres de gain spécifiés pour le câble actif du circuit d'amplification linéaire.....	762
Figure 6-11 Limite OUTPUT_NOISE / ILfitatNq.....	764
Figure 6-12 Paramètres de gain pour les câbles actifs fondés sur le LRD <i>USB4</i> Gen4.....	767
Figure 6-13 Surveillance de négociation TxFFE sur un câble actif LRD <i>USB4</i>	773
Figure 6-14 Diagramme d'états <i>USB4</i> par canal (<i>informatif</i>)	774
Figure 6-15 Flux de sortie de l'état CL1/CL2 <i>USB4</i> Gen4 avec un câble actif LRD.....	777
Figure 6-16 Transition de l'état symétrique à l'état asymétrique pour l' <i>USB4</i>	778
Figure 6-17 Transition de l'état asymétrique à l'état symétrique pour l' <i>USB4</i>	780
Figure 6-18 Transfert des messages <i>USB PD</i> d'un câble OIAC.....	797
Figure 6-19 Permutation des rôles de transmission de données de câbles OIAC concluante.....	800
Figure 6-20 Permutation des rôles de transmission de données de câbles OIAC rejetée.....	801
Figure 6-21 Permutation des rôles de transmission de données de câbles OIAC en attente	802
Figure 6-22 Permutation des rôles de transmission de données de câbles OIAC rejetée par l'initiateur	803
Figure 6-23 Permutation des rôles de transmission de données de câbles OIAC mise en attente par l'initiateur	804
Figure 6-24 Découverte des câbles OIAC – Phase 1	806
Figure 6-25 Réamorçage des câbles OIAC – Phase 2	808
Figure 6-26 Configuration de la fiche A du câble OIAC en tant que UFP – Phase 3.....	809
Figure 6-27 Configuration de la fiche A du câble OIAC en tant qu'UFP – Phase 3.....	810
Figure 6-28 Aucune connexion possible de la fiche A du câble OIAC avec le billboard – Phase 3.....	811
Figure 6-29 Diagramme d'états de la fiche A d'un câble OIAC – Partie 1 (Phases 1 et 2)	813
Figure 6-30 Diagramme d'états de la fiche A d'un câble OIAC – Partie 2 (Phase 3)	816
Figure 6-31 Diagramme d'états de la fiche B d'un câble OIAC	824
Figure 6-32 Exemple d'utilisation d'un câble OIAC qui exige un adaptateur ou un hub.....	831
Figure A-1 Exemple de corrosion liquide électrolytique	834
Figure A-2 Inhibition de corrosion dans le modèle CC de polarisation/dépolarisation.....	835
Figure A-3 Inhibition de corrosion dans le modèle CC de source de courant/dépolarisation.....	835
Figure A-4 Inhibition de corrosion dans le modèle CC de source de courant/dépolarisation avec une autre approche.....	836
Figure A-5 Détection de liquide par mesure de la fuite.....	837
Figure A-6 Détection de liquide avec la méthode de mesure par impulsions	838
Figure A-7 Exemple de mesure d'un port sec	839
Figure A-8 Exemple de mesure d'un port avec de l'eau d'osmose inverse	839
Figure A-9 Exemple de mesure d'un port avec de l'eau du robinet.....	840
Figure A-10 Exemple de mesure d'un port avec de la sueur artificielle.....	840
Figure A-11 Exemple de mesure d'un port avec de l'eau de mer	841
Figure A-12 Exemple de localisation des broches/plaques de détection de liquide.....	842
Figure A-13 Exemple de plaque de détection de liquide le long de toutes les broches de connecteur.....	842
Figure A-14 Exemples de broches de détection de liquide adjacentes aux broches VBUS/SBU/CC.....	843
Figure A-15 Exemple de montage en surface du connecteur de détection de liquide.....	843

Figure B-1 Comportement par couche du mode accessoire de débogage USB Type-C.....	844
Figure B-2 Interface de la fiche d'un DTS.....	845
Figure B-3 Diagramme d'états de connexion: Source DTS.....	846
Figure B-4 Diagramme d'états de connexion: Destinataire d'un DTS.....	847
Figure B-5 Diagramme d'états de connexion: DRP d'un DTS.....	848
Figure B-6 Sous-états TS Sink Power.....	853
Figure D-1 Modèle de câble actif (port unique, embase à montage supérieur).....	870
Figure D-2 Architecture du modèle.....	870
Figure D-3 Sources de chaleur et voies thermiques.....	872
Figure D-4 Configuration des connecteurs horizontaux à empilage vertical 3 x 1 (VERT).....	874
Figure D-5 Configuration des connecteurs verticaux à empilage horizontal 1 x 3 (HZ90).....	874
Figure D-6 Configuration des connecteurs horizontaux à empilage horizontal 1 x 3 (HORZ).....	874
Figure D-7 Câble actif <i>USB 3.2</i> à voie unique de 3 A en configuration à trois ports.....	875
Figure D-8 Câble actif <i>USB 3.2</i> à voie unique de 5 A en configuration à trois ports.....	876
Figure D-9 Incidence de la puissance du surmoulage P_0 et de la température de limite thermique T_{MB} à une V_{BUS} de 3 A en configuration à port unique.....	877
Figure D-10 Incidence de la puissance du surmoulage P_0 et de la température de limite thermique T_{MB} à une V_{BUS} de 5 A en configuration à port unique.....	878
Figure D-11 Conception de câbles dongles actifs <i>USB 3.2</i> (une extrémité représentée).....	879
Figure D-12 Câble actif <i>USB 3.2</i> à double voie de 3 A en configuration à trois ports.....	879
Figure D-13 Câble actif <i>USB 3.2</i> à double voie de 5 A en configuration à trois ports.....	880
Figure D-14 Exemple: Diffuseur de chaleur supplémentaire sur l'embase de l'hôte ou du dispositif.....	881
Figure D-15 Exemple: Dissipation thermique sur le châssis de l'hôte ou du dispositif.....	882
Figure E-1 Broches disponibles pour une reconfiguration dans un câble complet.....	884
Figure E-2 Broches disponibles pour une reconfiguration dans des applications à connexion directe.....	884
Figure E-3 Mise en œuvre en mode alternatif avec un câble USB Type-C vers USB Type-C.....	886
Figure E-4 Mise en œuvre en mode alternatif avec un câble ou un dispositif USB Type-C vers mode alternatif.....	887
Figure E-5 Exemple de station d'accueil USB DisplayPort.....	889
Figure E-6 Exemple de processus d'entrée en mode DFP <i>USB4</i>	892
Figure F-1 Processus de découverte <i>TBT3</i>	897
Figure H-1 Dommages dus à l'arc sur les contacts USB Type-C V_{BUS}	915
Figure H-2 Arc dû à la décharge.....	916
Figure H-3 Empêcher la formation d'arcs pendant la décharge du destinataire en limitant la vitesse de balayage.....	918
Figure H-4 Empêcher la formation d'arcs pendant la décharge du destinataire.....	920

Tableaux

Tableau 2-1 Récapitulatif des options d'alimentation.....	469
Tableau 3-1 Ensembles câble-connecteurs USB Type-C normalisés.....	472
Tableau 3-2 Ensembles câble-connecteurs USB Type-C existants.....	473
Tableau 3-3 Ensembles adaptateurs USB Type-C existants.....	474
Tableau 3-4 Affectation des broches de l'interface d'une embase USB Type-C.....	512
Tableau 3-5 Affectation des broches de l'interface d'une embase USB Type-C pour la prise en charge d' <i>USB 2.0</i> uniquement.....	513
Tableau 3-6 Affectation des fils pour un câble USB Type-C normalisé.....	516
Tableau 3-7 Affectation des fils d'un câble USB Type-C pour les câbles/adaptateurs existants.....	517
Tableau 3-8 Calibres de fil de référence pour les ensembles câble-connecteurs USB Type-C normalisés.....	518
Tableau 3-9 Calibres de fil de référence pour les ensembles câble-connecteurs USB Type-C normalisés vers existant.....	518

Tableau 3-10 Câblage de l'ensemble câble-connecteurs USB Type-C Complet normalisé	520
Tableau 3-11 Câblage de l'ensemble câble-connecteurs <i>USB 2.0</i> Type-C normalisé.....	521
Tableau 3-12 Câblage de l'ensemble câble-connecteurs USB Type-C vers <i>USB 3.1</i> Standard-A.....	524
Tableau 3-13 Câblage de l'ensemble câble-connecteurs USB Type-C vers <i>USB 2.0</i> Standard-A.....	525
Tableau 3-14 Câblage de l'ensemble câble-connecteurs USB Type-C vers <i>USB 3.1</i> Standard-B	526
Tableau 3-15 Câblage de l'ensemble câble-connecteurs USB Type-C vers <i>USB 2.0</i> Standard-B	528
Tableau 3-16 Câblage de l'ensemble câble-connecteurs USB Type-C vers <i>USB 2.0</i> Mini-B.....	529
Tableau 3-17 Câblage de l'ensemble câble-connecteurs USB Type-C vers <i>USB 3.1</i> Micro-B.....	530
Tableau 3-18 Câblage de l'ensemble câble-connecteurs USB Type-C vers <i>USB 2.0</i> Micro-B.....	532
Tableau 3-19 Câblage de l'ensemble adaptateur USB Type-C vers embase <i>USB 3.1</i> Standard-A.....	533
Tableau 3-20 Câblage de l'ensemble adaptateur USB Type-C vers embase <i>USB 2.0</i> Micro-B	534
Tableau 3-21 Exemples de perte d'insertion différentielle pour USB TX/RX avec une construction en paire torsadée	535
Tableau 3-22 Exemples de perte d'insertion différentielle pour USB TX/RX avec une construction coaxiale.....	536
Tableau 3-23 Paramètres clés du fichier de configuration de la COM	555
Tableau 3-24 Exigences électriques concernant les fils CC et SBU.....	556
Tableau 3-25 Matrice de couplage des signaux à basse vitesse.....	556
Tableau 3-26 Inductance mutuelle maximale (M) entre VBUS et les lignes de signaux à basse vitesse.....	559
Tableau 3-27 Exigences relatives à l'intégrité du signal USB D+/D- pour les ensembles câble-connecteurs passifs USB Type-C vers USB Type-C.....	561
Tableau 3-28 Caractéristiques recommandées d'intégrité de signal pour des connecteurs couplés USB Type-C (<i>informatives</i>).....	565
Tableau 3-29 Caractéristiques d'intégrité de signal pour une embase USB Type-C pour <i>USB4</i> Gen3 (<i>normatives</i>).....	568
Tableau 3-30 Exigences relatives à l'intégrité du signal USB D+/D- pour les ensembles câble-connecteurs USB Type-C vers USB existant (<i>normatives</i>)	569
Tableau 3-31 Objectifs de conception pour les ensembles câble-connecteurs USB Type-C vers <i>USB 3.1</i> Gen2 existant (<i>informatifs</i>)	570
Tableau 3-32 Exigences relatives à l'intégrité du signal pour un ensemble câble-connecteurs USB Type-C vers <i>USB 3.1</i> Gen2 existant (<i>normatives</i>)	571
Tableau 3-33 Exigences relatives à l'intégrité du signal USB D+/D- pour les ensembles adaptateurs USB Type-C vers USB existant (<i>normatives</i>)	574
Tableau 3-34 Objectifs de conception pour les ensembles adaptateurs USB Type-C vers <i>USB 3.1</i> Standard-A (<i>informatifs</i>).....	574
Tableau 3-35 Exigences relatives à l'intégrité du signal pour un ensemble adaptateur USB Type-C vers embase <i>USB 3.1</i> Standard-A (<i>normatives</i>)	575
Tableau 3-36 CCI d'essai du courant assigné	580
Tableau 3-37 Exigence concernant la résistance en courant continu maximale (<i>normative</i>).....	581
Tableau 3-38 Exigences relatives à la force et au moment	584
Tableau 3-39 Conditions d'essai environnementales	588
Tableau 3-40 Matériaux de référence.....	588
Tableau 4-1 Liste des signaux utilisés sur les connecteurs USB Type-C.....	596
Tableau 4-2 Caractéristiques d'une source VBUS.....	599
Tableau 4-3 Caractéristiques d'un destinataire VBUS.....	600
Tableau 4-4 Récapitulatif des exigences de tension VCONN du port Source USB Type-C.....	601
Tableau 4-5 Caractéristiques d'une source VCONN.....	602
Tableau 4-6 Caractéristiques d'un destinataire VCONN de câble.....	603
Tableau 4-7 Caractéristiques d'un destinataire VPA (accessoire alimenté par VCONN)	604
Tableau 4-8 Caractéristiques d'un destinataire VPD (dispositif alimenté par VCONN).....	605
Tableau 4-9 Interopérabilité d'un port USB Type-C	609
Tableau 4-10 Point de vue de la source	611

Tableau 4-11 Comportements de la source (hôte) et du destinataire (dispositif) par état.....	611
Tableau 4-12 Mise en œuvre recommandée de Try.SRC et Try.SNK pour les ports double fonction avec rôles préférentiels	619
Tableau 4-13 Récapitulatif du comportement de permutation des ports <i>USB PD</i>	619
Tableau 4-14 Utilisation de la permutation des rôles d'alimentation et de données pour les ports double fonction avec des rôles préférentiels.....	620
Tableau 4-15 Récapitulatif du modèle comportemental des rôles d'alimentation.....	620
Tableau 4-16 États des broches CC d'un port source	634
Tableau 4-17 États des broches CC d'un port destinataire	634
Tableau 4-18 États obligatoires et facultatifs.....	662
Tableau 4-19 Ordre de priorité pour l'utilisation des sources d'alimentation	688
Tableau 4-20 Annonce de courant USB Type-C et équivalent PDP	690
Tableau 4-21 Limite de courant maximal du destinataire lorsqu'il est branché au CTVPD.....	694
Tableau 4-22 Exemples de courant maximal entre le VPD de charge et le destinataire selon l'impédance sur les broches VBUS et GND	695
Tableau 4-23 Exemples de chargeurs à capacité partagée à 4 ports et de politiques de partage de puissance	702
Tableau 4-24 Temporisation SOP' et SOP"	706
Tableau 4-25 Exigences relatives à l'impédance CC du VPD de charge (RccCON)	708
Tableau 4-26 Exigences relatives au découplage de la VBUS du port de charge du CTVPD.....	708
Tableau 4-27 Exigences relatives aux terminaisons CC de la source (Rp).....	709
Tableau 4-28 Exigences relatives aux terminaisons CC du destinataire (Rd)	710
Tableau 4-29 Exigences relatives aux terminaisons des câbles alimentés	710
Tableau 4-30 Exigences relatives aux terminaisons CC pour les états Disabled, ErrorRecovery et Unpowered Source	710
Tableau 4-31 Exigences relatives aux terminaisons SBU	711
Tableau 4-32 Paramètres de temporisation de la VBUS et de la VCONN.....	711
Tableau 4-33 Paramètres de temporisation des DRP	712
Tableau 4-34 Paramètres de temporisation des CC.....	713
Tableau 4-35 Tensions CC côté source – USB par défaut	714
Tableau 4-36 Tensions CC côté source – 1,5 A à 5 V	714
Tableau 4-37 Tensions CC côté source – 3,0 A à 5 V	714
Tableau 4-38 Tension sur les broches CC d'un destinataire – Courant USB Type-C par défaut uniquement...	714
Tableau 4-39 Tension sur les broches CC d'un destinataire – Annonces de courant de plusieurs sources	715
Tableau 4-40 Tension de blocage de la broche CC.....	715
Tableau 5-1 Câbles certifiés lorsqu'un fonctionnement compatible <i>USB4</i> est attendu	724
Tableau 5-2 Mise en correspondance de repli des fonctions périphériques <i>USB4</i> vers les types de classes de dispositifs USB.....	738
Tableau 5-3 Disponibilité <i>USB Billboard Device Class</i> à l'issue d'un échec de mise en service d'un dispositif <i>USB4</i>	739
Tableau 6-1 Récapitulatif de l'identité de câble <i>USB4</i>	741
Tableau 6-2 Caractéristiques d'un câble actif.....	742
Tableau 6-3 Exigences relatives aux SBU des câbles actifs	743
Tableau 6-4 Exigences relatives à la mise sous tension des câbles actifs.....	745
Tableau 6-5 Délai <i>USB 3.2 U0</i> maximal pour un câble OIAC.....	745
Tableau 6-6 Exigences relatives aux états U de l' <i>USB 3.2</i>	746
Tableau 6-7 Oscillation de la source contrainte <i>USB 3.2</i> d'un câble actif, TP1	748
Tableau 6-8 Gigue de la source contrainte <i>USB 3.2</i> d'un câble actif, TP1	748
Tableau 6-9 Oscillation de l'entrée <i>USB 3.2</i> d'un câble actif au niveau du TP2 (<i>informative</i>)	749
Tableau 6-10 Oscillation de la sortie <i>USB 3.2</i> d'un câble actif au niveau du TP3 (<i>informative</i>)	749
Tableau 6-11 Définition des points de conformité	751

Tableau 6-12 Exigences d'alimentation <i>USB4</i> à l'état CL pour les câbles actifs	753
Tableau 6-13 Spécifications de sortie du câble actif <i>USB4</i> fondé sur le circuit de retemporisation, appliquées pour toutes les vitesses (au niveau de TP3')	754
Tableau 6-14 Conditions de réception contraintes pour un essai de conformité de câble <i>USB4</i> Gen2 et Gen3 (au niveau de TP2)	757
Tableau 6-15 Paramètres de sortie du câble actif fondé sur le circuit d'amplification linéaire	760
Tableau 6-16 Signal d'entrée au niveau de TP2 pour l'essai de conformité	761
Tableau 6-17 Limites <i>ILfitMask</i> d'un câble actif fondé sur le LRD <i>USB4</i> Gen4	766
Tableau 6-18 Schéma de câblage d'un câble actif fondé sur le LRD <i>USB4</i> Gen4 pour la conformité	768
Tableau 6-19 Surveillance des transactions SBx d'un câble actif <i>USB4</i> Gen4	769
Tableau 6-20 Paramètres de temporisation logique d'un câble actif LRD <i>USB4</i>	770
Tableau 6-21 Surveillance du registre LRD_Tuning <i>USB4</i>	782
Tableau 6-22 Exigences relatives à la température des câbles	783
Tableau 6-23 Gestion des messages <i>USB PD</i> d'un OIAC	792
Tableau 6-24 PDO Sink_Capabilities recommandé d'un câble OIAC (SOP) lors de la connexion initiale	793
Tableau 6-25 PDO Sink_Capabilities recommandé d'un câble OIAC (SOP) lors de la connexion active	793
Tableau 6-26 RDO Active Sink recommandé d'un câble OIAC (SOP)	794
Tableau 6-27 Temporisation des messages <i>USB PD</i> d'un câble OIAC	798
Tableau 6-28 Capacités des ports et des fiches	805
Tableau 6-29 Exigences relatives aux états U de l' <i>USB 3.2</i>	832
Tableau 6-30 Exigences d'alimentation <i>USB4</i> à l'état CL pour les câbles OIAC	833
Tableau A-1 Exemples de conditions d'essai de mesure	838
Tableau B-1 Interopérabilité des ports des DTS-TS	845
Tableau B-2 Valeurs du courant de charge Rp/Rp pour la source d'un DTS	853
Tableau B-3 États obligatoires et facultatifs	855
Tableau D-1 Exemples de sources de chaleur et de dissipation thermique (câble de 1,5 W et 5 A)	872
Tableau D-2 Études de cas de conception de câbles actifs <i>USB 3.2</i> à port unique avec une température ambiante de 35 °C et une limite thermique de 60 °C (voie unique)	873
Tableau D-3 Études de cas de conception de câbles actifs <i>USB 3.2</i> à port unique avec une température ambiante de 35 °C et une limite thermique de 60 °C (double voie)	877
Tableau E-1 Exigences électriques concernant l' <i>USB Safe State</i>	887
Tableau E-2 Disponibilité <i>USB Billboard Device Class</i> à l'issue d'un échec d'entrée en mode alternatif	888
Tableau E-3 Exigences relatives à l'ajout de bruits sur les signaux en mode alternatif	888
Tableau F-1 Réponses de VDO de découverte d'identité d'un câble passif <i>TBT3</i>	899
Tableau F-2 VDO d'un câble passif <i>TBT3</i> pour l' <i>USB PD</i> Révision 2.0, Version 1.3	900
Tableau F-3 VDO d'un câble passif <i>TBT3</i> pour l' <i>USB PD</i> Révision 3.0, Version 1.2	900
Tableau F-4 Réponses de VDO de découverte d'identité d'un câble actif <i>TBT3</i>	901
Tableau F-5 VDO d'un câble actif <i>TBT3</i> pour l' <i>USB PD</i> Révision 2.0, Version 1.3	902
Tableau F-6 VDO 1 d'un câble actif <i>TBT3</i> pour l' <i>USB PD</i> Révision 3.0, Version 1.2	902
Tableau F-7 VDO 2 d'un câble actif <i>TBT3</i> pour l' <i>USB PD</i> Révision 3.0, Version 1.2	903
Tableau F-8 Réponses de VDO de découverte d'identité d'un dispositif <i>TBT3</i>	904
Tableau F-9 Réponses de VDO de découverte de <i>SVID TBT3</i>	905
Tableau F-10 Réponses de VDO de découverte de mode d'un dispositif <i>TBT3</i>	906
Tableau F-11 Réponses de VDO de découverte de mode d'un câble <i>TBT3</i>	907
Tableau F-12 Commande Enter Mode d'un câble <i>TBT3</i>	908
Tableau F-13 Commande Enter Mode d'un dispositif <i>TBT3</i>	909
Tableau F-14 Récapitulatif des différences fonctionnelles entre les câbles <i>TBT3</i>	911
Tableau G-1 Paramètres d'extraction de l'impulsion linéaire	914
Tableau I-1 Clarifications pour les exemples de produits <i>USB Type-C</i>	925
Tableau I-2 Lignes directrices relatives au codage <i>USB PD</i> pour les exemples de produits	928

Éditeur de la spécification

SpecWerkz

Brad Saunders

Contributeurs du groupe de travail de la spécification

La liste suivante répertorie les sociétés contributrices et les personnes qui étaient membres de la liste des groupes de travail à la date de la présente publication. Note: Pour des raisons historiques, la liste ci-dessous inclut également les personnes qui étaient membres du groupe de travail et associées aux affiliations à la société au moment de la publication de chaque version à compter de la version 1.0.

Acroname Inc.	Grant Fritz	Connor Goss	Matt Krugman
Advanced-Connectek, Inc. (ACON)	Victory Chen	Conrad Choy	Alan Tsai
	Glen Chandler	Vicky Chuang	Wayne Wang
	Dennis Cheung	Jessica Feng	Stephen Yang
	Jeff Chien	Aven Kao	Sunney Yang
	Lee (Dick Lee) Ching	Danny Liao	
Advanced Micro Devices	Steve Capezza	Jason Hawken	Joseph Scanlon
	Michael Comai	Juan Martinez	Peter Teng
	Walter Fry	Gerald Merits	Sujan Thomas
	Will Harris	Tim Perley	
Allion Labs, Inc.	Howard Chang	Yan Ken	Minoru Ohara
	Alex Chuang	Lexus Lee	Brian Shih
	Maroco Fan	Stan Lin	Chester Tsai
	Jesse Jiang	Denver Mishima	Chou Tsungbo
	Terry Kao		
Amphenol Corporation	Louis Chan	Terry Ke	Shawn Wei
	Zhineng Fan	Martin Li	Alan Yang
	Jesse Jaramillo	Lino Liu	
Agilent Technologies, Inc.	James Choate		
Analogix Semiconductor, Inc.	Mehran Badii	Haijian Sui	Yueke Tang
	Greg Stewart		
Apple Inc. (USB Promoter company)	Colin Abraham	Brian Follis	Nathan Ng
	Mahmoud Amini	Zheng Gao	James Orr
	Sree Anantharaman	Derek Iwamoto	Keith Porthouse
	Brian Baek	Scott Jackson	Breton Saunders
	Paul Baker	Girault Jones	Reese Schreiber
	Michael Bonham	Keong Kam	Jay Sha
	Jonathan Brown	Kevin Keeler	Sascha Tietz
	Carlos Calderon	Min Kim	Jennifer Tsai
	Jason Chung	Woopoung Kim	Colin Whitby-Strevens
	David Conroy	Alan Kobayashi	Jeff Wilcox
	Bill Cornelius	Alexei Kosut	Eric Wiles
	Christophe Daniel	Christine Krause	Dan Wilson
	Raju Desai	Chris Ligtenberg	Dennis Yarak
	William Ferry	Matthew Mora	
	Aptiv Consumer Connectivity	Andrew Burchett	Moe Elghrawi
ASMedia Technology Inc.	Kuo Lung Li		
Bizlink Technology, Inc.	Alex Chou	CY Tsai	Giovanni Wang
	Morphy Hsieh	Kevin Tsai	

Cadence Design Systems, Inc.	Marcin Behrendt Huzaifa Dalal Pawel Eichler Sanjai Gandhi Sathish Kumar Ganesan	Dariusz Kaczmarczyk Tomasz Klimek Sanjeet Kumar Jie Min Asila Nahas Uyen Nguyen	Neelabh Singh Michal Staworko Fred Stivers Mark Summers Claire Ying
Canova Tech	Piergiorgio Beruto Andrea Maniero	Michael Marioli Antonio Orzelli	Paola Pilla Nicola Scantamburlo
China Telecommunications Technology Labs	Ming Wei		
Cirrus Logic Inc.	Sean Davis	Darren Holding	Brad Lambert
Corning Optical Communication LLC	Wojciech Giziewicz	Ian McKay	Jamie Silva
Cosemi Technologies Inc.	Samir Desai	Devang Parekh	
Credo Semiconductor, Inc.	Jim Bartenslager Yifei Dai Kevin Gao	Yasuo Hidaka Justin Lee Phil Sun	Ping Xiong
Cypress Semiconductor	Chia Hua Chang Mark Fu Naman Jain Savan Javia	Rushil Kadakia Benjamin Kropf Venkat Mandagulathur Anup Nayak	Jagadeesan Raj Sanjay Sancheti Subu Sankaran Anita Thimma Govarthanarajan
Dell	Mohammed Hijazi David Meyers Sean O'Neal	Ken Nicholas Ernesto Ramirez Siddhartha Reddy	Thomas Voor Merle Wood
Dialog Semiconductor (UK) Ltd.	Yimin Chen		
Diodes Incorporated	Kay Annamalai Justin Lee Paul Li	Bob Lo Jaya Shukla Qun Song	Jin-sheng Wang Ada Yip
DisplayLink (UK) Ltd.	Pete Burgers		
DJI Technology Co., Ltd.	Steve Huang		
eEver Technology, Inc.	Chien-Cheng Kuo		
Electronics Testing Center, Taiwan	Sophia Liu		
Elka International Ltd.	Roy Ting		
Ellisys	Abel Astley Rick Bogart	Wenhui Luo Mario Pasquali	Chuck Trefts Tim Wei
Etron Technology, Inc.	Chien-Cheng Kuo		
EverPro Technologies Company, Ltd.	Hui Jiang	Silane Zhou	
Feature Integration Technologies Inc.	Jacky Chan Chen Kris Yulin Lan	KungAn Lin Yuchi Tsao	Paul Yang Amanda Ying

Foxconn/Hon Hai	Patrick Casher Asroc Chen Brandon Chen Joe Chen Allen Cheng Jason Chou Edmond Choy Shruti Deore	Fred Fons Chris Goralka Bob Hall Chien-Ping Kao Ji Li Ann Liu Terry Little Steve Sedio	Christine Tran Pei Tsao AJ Yang Yuan Zhang Jessica Zheng Jie Zheng Andy Yao
Foxlink/Cheng Uei Precision Industry Co., Ltd.	Robert Chen Sunny Chou Carrie Chuang Wen-Chuan Hsu Alex Hsue	Armando Lee Dennis Lee Justin Lin Robert Lu Tse Wu Ting	Steve Tsai Wen Yang Wiley Yang Junjie Yu
Fresco Logic Inc.	Brian Collins	Bob McVay	Christopher Meyers
Google	Naga Viswanadha Udaya Kiran Ammu Alec Berg Joshua Boilard Alec Berg Todd Broch Chao Fei Jim Guerin Jeffrey Hayashida Mark Hayter	Eric Herrmann Nithya Jagannathan Nathan Kolluru Lawrence Lam Adam Langley Benson Leung Abraham Levkoy Ingrid Lin Prashant Malani Richard Palatin	Vincent Palatin Dylan Reid Adam Rodriguez David Schneider Stephan Schooley Toshak Singhal Jameson Thies Ken Wu Songping Wu Diana Zigterman
Granite River Labs	Yung Han Ang Velmurugan Ayyakkannu Rajesh B Pascal Berten Hariprasad Bhat Sandy Chang Allen Chen Swee Guan Chua Alan Chuang	Mike Engbretson Mark Jiang Vishal Kakade Jesson Li Caspar Lin Olivia Lu Bala M Prasannakumar Marikunte Nagaraju Winson Mok	Kristof Mommen Krishna Murthy Amy Peng Johnson Tan Annie Tao Vasudev Uttharahalli Chin Hun Yaep Mike Yang Yun Yang
GuangDong OPPO Mobile Telecommunications Corp, Ltd.	Jerry Qin		
Honor Device Co., Ltd.	Wang Feng		
Hirose Electric Co., Ltd.	Jeremy Buan William Kysiak Sang-Muk Lim	William MacKillop Gourgen Oganessyan	Eungsoo Shin Sid Tono
Hosiden Corporation	Takahisa Otsuji	Fumitake Tamaki	
HP Inc. (USB Promoter company)	Lee Atkinson Srinath Balaraman Rami Bathaniah Roger Benson Alan Berkema	Robin Castell Steve Chen Michael Krause Rahul Lakdawala	Jim Mann Linden McClure Mike Pescetto Asjad Shamim
Huawei Technology Co., Ltd.	Jianhong He Zhengbing Li	Gang Liang	Liansheng Zheng

Hynetek Semiconductor Co., Ltd.	Yingyang Ou	James Xie	
I-PEX (Dai-ichi Seiko)	Alan Kinningham	Jack Ozeki	Ro Richard
Indie Semiconductor	Ian Board	Jim Wilshire	
Infineon Technologies	Godwin Gerald Arulappan	Naman Jain	Shopitham Ram
	Pradeep Baipai	Behzad Jamasbi	Gayathri Vasudevan
	Dominic Gutierrez	Benjamin Kropf	Tue Fatt David Wee
		Venkat Mandagulathur	
Intel Corporation (USB Promoter company)	Dave Ackelson	James Jaussi	Rajaram Regupathy
	Nirmala Bailur	Ziv Kabiry	Oren Salomon
	Mike Bell	Vijaykumar Kadgi	Brad Saunders
	Dmitriy Berchanskiy	Luke Johnson	Tomer Savariago
	Brad Berlin	Jerzy Kolinski	Ehud Shoor
	Pierre Bossart	Rolf Kuhnis	Amit Srivastava
	Huimin Chen	Henrik Leegaard	Einat Surijan
	Kuan-Yu Chen	Edmond Lau	Eliahu Suued
	Hengju Cheng	Xiang Li	Ron Swartz
	Oded David	Yun Ling	Chuen Ming Tan
	Sourabh Das	Guobin Liu	David Thompson
	Jhuda Dayan	Steve McGowan	Pranav Tipnis
	Hem Doshi	Sankaran Menon	Karthi Vadivelu
	Paul Durley	Udaya Natarajan	Venkataramani
	Saranya Gopal	Aruni Nelson	Gopalakrishnan
	Venkataramani Gopalakrishnan	Chee Lim Nge	Tsion Vidal
	Yaniv Hayat	Asutosh Pathak	Stephanie Wallick
	Howard Heck	Sagar Pawar	Rafal Wielicki
	Hao-Han Hsu	Duane Quiet	Devon Worrell
	Seppo Ingalsuo	Amardeep Rai	Gal Yedidia
	Abdul (Rahman) Ismail	Kannappan Rajaraman	Li Yuan
		Sridharan Ranganathan	Reza M. Zamani
			Vitaly Zhivov
Japan Aviation Electronics Industry Ltd. (JAE)	Kenji Hagiwara	Tadashi Okubo	Jussi Takaneva
	Hiroaki Ikeda	Kazuhiro Saito	Junichi Takeuchi
	Masaki Kimura	Kimiaki Saito	Tomohiko Tamada
	Toshio Masumoto	Yuichi Saito	Kentaro Toda
	Kenta Minejima	Mark Saubert	Kouhei Ueda
	Toshiyuki Moritake	Toshio Shimoyama	Takakazu Usami
	Joe Motojima	Tatsuya Shioda	Masahide Watanabe
	Ron Muir	Atsuo Tago	Youhei Yokoyama
	Norihiko Nakamura	Masaaki Takaku	
JPC/Main Super Inc.	Sam Tseng	Ray Yang	
Kandou Bus SA	Amanda Dong	Hitaish Sharma	Paul Wilson
	Majid Foodeei	David Stauffer	
Keysight Technologies Inc.	Jit Lim	Pedro Merlo	Xiao Zhang
Kinetic Technologies, Inc.	Ramesh Dandapani	Jay Slivkoff	Kei Yasuno
	Akihiro Moto	Sireesha Vemulapalli	
Leadtrend	Yao-Wei Hsieh		
LeCroy Corporation	Mike Engbretson	Tyler Joe	Giuseppe Leccia
	Daniel H. Jacobs	Chetan Kopalle	

Lenovo	Rob Bowser Tomoki Harada	Jianye Li Wei Liu	Howard Locker Munefumi Nakata
LG Electronics Inc.	Won-Jong Choi Do Kyun Kim	Jeeyoung Kim	Seung Hyun Yoo
Lintes Technology Co., Ltd.	Tammy Huang Charles Kaun RD Lintes	Max Lo CT Pien	JinYi Tu Jason Yang
Lotes Co., Ltd.	Ariel Delos Reyes Ernest Han Mark Ho Regina Liu-Hwang	Charles Kaun Chi-Chang Lin James Lin Max Lo	John Lynch Scott Shuey JinYi Tu Jason Yang
LSI Corporation	Dave Thompson		
Luxshare-ICT	Josue Castillo Daniel Chen Kenny Chen Lisen Chen Sally Chiu Blue Ho CY Hsu	Alan Kinningham Peter Jhou Antony Lin Gorden Lin John Lin Stone Lin Alan Liu	Sean O'Neal Scott Shuey James Stevens Carr Wang Yangli Wang Eric Wen Pat Young
Maxim Integrated Products	Forrest Christo Ken Helfrich	Sang Kim Jeff Lo	Michael Miskho Jacob Scott
MCCI Corporation	Terry Moore		
MediaTek Inc.	Henry Chen Yishu Hsieh Jason Hsu Liang-Yu Hsu	Jing-Hao Huang Shih Jyun-Yang Akan Lin	Alex YC Lin Tung-Sheng Lin Chasel Wang
MegaChips Corporation	Alan Kobayashi	Satoru Kumashiro	
Mercedes-Benz Research & Development, North America, Inc.	Hans Wickler		
Microchip (SMSC)	Josh Averyt Mark Bohm Shannon Cash Thomas Farkas Fernando Gonzalez	Matthew Kalibat Donald Perkins Richard Petrie Mohammed Rahman Andrew Rogers	John Sisto Anthony Tarascio Kiet Tran Christopher Twigg Prasanna Vengateshan
Microsoft Corporation (USB Promoter company)	Randy Aull Jim Belesiu Michelle Bergeron Fred Bhesania Anthony Chen Philip Froese Vivek Gupta David Hargrove Robbie Harris Teemu Helenius Robert Hollyer Lily Huang	Dan Iatco Kai Inha Jayson Kastens Andrea Keating Shoaib Khan Patrick Law Eric Lee Ivan McCracken Arvind Murching Gene Obie Toby Nixon Arjun Padmanabhan	Praveen Kumar Palacharla Rahul Ramadas Srivatsan Ravindran Nathan Sherman Bala Sivakumar Timo Toivola Vahid Vassey David Voth Andrew Yang Panu Ylihaavisto
Molex LLC	Adib Al Abaji	Alan MacDougall	

Monolithic Power Systems	Junyong Gong Di Han Yuncong Jiang	Istvan Nagy Chris Sporck Ao Sun	Greg Virnig Vincent Wu
MQP Electronics Ltd.	Sten Carlsen	Pat Crowe	
Multilane Inc.	Fadi Daou	Rita Khawaja	Elias Khoury
NEC Corporation	Kenji Oguma		
Newnex Technology Corp.	Sam Liu	Nimrod Peled	
Nokia Corporation	Daniel Gratiot Pekka Leinonen	Samuli Makinen Pekka Talmola	Timo Toivola Panu Ylihaavisto
Nuvoton Technology Corp.	Nimrod Peled		
NVIDIA	Jamie Aitken		
NXP Semiconductors	Mahmoud EL Sabbagh Dennis Ha Ken Jaramillo	Nate Johnson Vijendra Kuroodi Roger Lo	Guru Prasad Wouter Sijm Krishnan TN
Oculus VR LLC	Amish Babu	Marty Evans	Joaquin Fierro
ON Semiconductor	Edward Berrios Rod Comer Eduardo De Reza Alan Finkel	Oscar Freitas Christian Klein Amir Lahooti	Eric Maier Rick Pierce Michael Smith
Parade Technologies, Inc.	Jian Chen Brian Collins Robert McVay	Craig Wiley Paul Xu	Alan Yuen Jingfan Zhang
Power Integrations	Shruti Anand Daryll Bonavente Rahul Joshi	Aditya Kulkarni Akshay Nayaknur	Amruta Patra Kaushik Raam
Qualcomm, Inc.	Lior Amarilio Vara Prasad Arikatla Aris Balatsos Nicholas Cadieux David Chang Tomer Ben Chen Richard Burrows Amit Gil	James Goel Amit Gupta Philip Hardy Will Kun Jonathan Luty Adi Menachem Lalan Mishra George Paparrizos	Vatsal Patel Jack Pham Vamsi Samavedam Matthew Sienko Dmitrii Vasilchenko Joshua Warner Chris Wiesner
Realtek Semiconductor Corp.	Marco Chiu Tsung-Peng Chuang Charlie Hsu Fan-Hau Hsu	Ty Kingsmore Ray Lee Jay Lin Ryan Lin	Terry Lin Chuting Su Jason Wang Changhung Wu
Renesas Electronics Corp. (USB Promoter company)	Kai Bao Yen-Mo Chen Yimin Chen Nobuo Furuya Tony Lai	Philip Leung Mengfei Liu Kiichi Muto Ziba Nami Hajime Nozaki	Yosuke Sasaki Toshifumi Yamaoka Fengshuan Zhou Yuhuan Zhou
Richtek Technology Corp.	Ben Chiang Tzuhsien Chuang Bryan Huang	Max Huang Leo Kang Roger Lo	Ken Shih Alex Yang
Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG	Curtis Donahue Kai Uwe Schmidt	Martin Stumpf	Randy White

Rohm Co., Ltd.	Mark Aaldering Kris Bahar Ruben Balbuena Nobutaka Itakura	Yusuke Kondo Arun Kumar Chris Lin Kazuomi Nagai	Yoshinori Ohwaki Takashi Sato Hiroshi Yoshimura
Samsung Electronics Co., Ltd.	Jaedeok Cha KangSeok Cho Junhwa Choi WooIn Choi Yeongbok Choi Cheolyoon Chung Ilhyung Chung JaeRyong Han Jaehyeok Jang Wonseok Jang	Sung Geun Joo Koyoungwon Kim Sangju Kim Soondo Kim Woonki Kim Jagoun Koo Termi Kwon Cheolho Lee Edward Lee	Jun Bum Lee Jinyoung Oh Chahoon Park Chulwoo Park Youngjin Park Jung Waneui Sunggeun Yoon
SB C&S Corp.	Toshinari Nakamura Morito Ogikubo	Eiji Sakai	Kenji Watanabe
Scosche Industries	Josh Aguilera	Kevin Trejo	
Seagate	Alvin Cox Emmanuel Lemay	Tony Priborsky Tom Skaar	Dan Smith Curtis Stevens
Shenzhen Deren Electronic Co., Ltd.	Smark (Zhudong) Huo Wen Fa Lei	Yang Lirong Valerie Yang	Lucy Zhang
Silicon Line GmbH	Ian Jackson	Boleslaw Wojtowicz	Zhiying Zhang
SiliConch Systems Private Limited	Jaswanth Ammineni Pavitra Balasubramanian Kaustubh Kumar Aniket Mathad	Shubham Paliwal Jinisha Patel Vinay Patel Rakesh Polasa	Vishnu Pusuluri Ranjith S Abhishek Sardeshpande Satish Anand Verkila
Simula Technology Inc.	John Chang Voss Cheng Thomas Li	Jung Lin Jyunming Lin Doris Liu	Richard Liu CK Wang Alice Yu
Softnautics LLP	Bhavesh Desai Hetal Jariwala	Dipakkumar Modi Ishita Shah	Ujjwal Talati
Sony Corporation	Shinichi Hirata	Shigenori Tagami	
Spectra7 Microsystems Corp.	Andrew Kim	James McGrath	John Mitchell
SpecWerkz	Robert Dunstan Amanda Hosler	Diane Lenox Steve McGowan	Brad Saunders
STMicroelectronics (USB Promoter company)	Jerome Bach Nathalie Ballot Filippo Bonaccorso Guénaél Cadier Dominique Chaillot Christophe Cochard Nicolas Florenchie	Cedric Force Gregory Gosciniak Chekib Hammami Joel Huloux Christophe Lorin Yohann Martiniault Patrizia Milazzo	Federico Musarra Pascal Legrand Richard O'Connor Massimo Panzica Nicolas Perrin Mathieu Rouvière
Sumitomo Electric Ind., Ltd.	Takeshi Inoue Yasuhiro Maeda	Wataru Sakurai Sainer Siagian	Masaki Suzuki Mitsuaki Tamura
Synaptics Inc.	Daniel Bogard Dan Ellis	Jeff Lukanc	Prashant Shamarao

Synopsys, Inc.	Prishkrit Abrol Subramaniam Aravindhana	Morten Christiansen Jaspreet Gambhir Nivin George	Satya Patnala John Stonick
Taiwan Testing and Certification Center	Sophia Liu		
Tektronix, Inc.	Sourabh Das Mark Guenther	Nitin Jhanwar Abhijeet Shinde	Randy White
Texas Instruments (USB Promoter company)	Jawaid Ahmad Kasthuri Annamalai Mike Campbell Prajith Cheerakkoda Greg Collins Gary Cooper Biju Erayamkot Panayamthatta Anant Gole GP Gopalakrishnan Craig Greenberg Richard Hubbard Nate Johnson	Michael Koltun IV Kevin Kosta Yoon Lee Grant Ley Win Maung Shafiuddin Mohammed Lauren Moore Jacob Ontiveros Brian Parten Martin Patoka Jason Peck John Perry	Louis Peryea Brian Quach Sai Karthik Rajaraman Wes Ray Dafydd Roche Anwar Sadat Cory Stewart Sue Vining Bill Waters Deric Waters Gregory Watkins Roy Wojciechowski
Thine Electronica, Inc.	Yuseke Fujita	Shuheii Yamamoto	
Total Phase	Chris Yokum		
Trinity Co., Ltd.	Tetsushi Hoshikawa	Kinya Kishita	
Tyco Electronics Corp. (TE Connectivity Ltd.)	Max Chao Robert E. Cid Calvin Feng Kengo Ijira Eiji Ikematsu Joan Leu Clark Li	Mike Lockyer Jeff Mason Takeshi Nakashima Luis A. Navarro Masako Saito Yoshiaki Sakuma Gavin Shih	Hiroshi Shirai Hidenori Taguchi Nathan Tracy Bernard Vetten Ryan Yu Noah Zhang Sjoerd Zwartkruis
UL LLC	Leo Chung Michael Hu Terry Kao	Dylan Su Henry Tsou Paul Vanderlaan	Eric Wall Lance Yang Chien-Wei Yeh
Unigraf OY	Steven Chen Sergey Grushin	Alexander Gushchin	Topi Lampiranta
Varjo Technologies	Kai Inha		
Ventev Mobile	Brad Cox	Colin Vose	
VIA Technologies Inc.	Terrance Shih	Jay Tseng	Fong-Jim Wang
Weltrend Semiconductor	Hung Chiang Jeng Cheng Liu	Wayne Lo Ho Wen Tsai	Eric Wu
Western Digital, HGST	Larry McMillan		
Xiaomi Communications Co., Ltd.	Xiaoxing Yang	Juejia Zhou	Qi Zhu
Zhuhai iSmartWare Technology Co., Ltd.	Yuanchao Liang	Liu Qiong	Long Zhang

Sociétés du secteur qui ont apporté leurs commentaires au stade révision de la version initiale

Aces	JST Mfg. Co., Ltd.	Pericom
Fairchild Semiconductor	Korea Electric Terminal	Semtech Corporation
Fujitsu Ltd.	Marvell Semiconductor	Silicon Image
Industrial Technology Research Institute (ITRI)	Motorola Mobility LLC	SMK Corporation
Joinsoon Electronics Mfg. Co. Ltd.	PalCONN/PalNova (Palpilot International Corp.)	Toshiba Corporation

Historique des révisions

Version	Date	Description
1.0	11 août 2014	Version initiale.
1.1	3 avril 2015	Rédition papier comprenant l'incorporation de l'ensemble des ECN approuvés à la date de révision, ainsi que les corrections rédactionnelles.
1.2	25 mars 2016	Rédition papier comprenant l'incorporation de l'ensemble des ECN approuvés à la date de révision, ainsi que les corrections rédactionnelles.
1.3	14 juillet 2017	Rédition papier comprenant l'incorporation de l'ensemble des ECN approuvés à la date de révision, ainsi que les corrections rédactionnelles.
1.4	29 mars 2019	Rédition papier comprenant l'incorporation de l'ensemble des ECN approuvés à la date de révision, ainsi que les corrections rédactionnelles.
2.0	Août 2019	Nouvelle version essentiellement destinée à permettre l'activation de la spécification USB4 sur les connecteurs et câbles USB Type-C. Comprend également l'incorporation de l'ensemble des ECN approuvés à la date de révision, ainsi que les corrections rédactionnelles.
2.1	Mai 2021	Nouvelle version essentiellement destinée à l'application de l'Extended Power Range (EPR) et définissant les câbles EPR conjointement avec la Spécification R3.1 V1.0 USB Power Delivery . Comprend également l'incorporation de l'ensemble des ECN approuvés à la date de révision, ainsi que les corrections rédactionnelles.
2.2	Octobre 2022	Nouvelle version essentiellement destinée à permettre l'activation de la spécification USB4 Version 2.0 (80 Gbit/s) sur les connecteurs et câbles USB Type-C. Comprend également l'incorporation de l'ensemble des ECN approuvés à la date de révision, ainsi que les corrections rédactionnelles.
2.3	Octobre 2023	Nouvelle version essentiellement destinée à <i>déconseiller</i> le Mode accessoire d'adaptateur audio et à le <i>remplacer</i> par le Mode inhibition de corrosion liquide , et à mettre à jour la définition et les comportements de la Capacité partagée des chargeurs multiports . Comprend également l'incorporation de l'ensemble des ECN approuvés à la date de révision. Note: Cette version a été créée à l'aide d'un nouveau modèle de document qui inclut des ajustements de style et des corrections rédactionnelles.

1 Introduction

Face au succès continu de l'interface USB, il est devenu nécessaire d'adapter la technologie USB aux nouvelles plateformes et aux nouveaux dispositifs informatiques dont la conception est de plus en plus compacte, fine et légère. Un grand nombre de ces plateformes et dispositifs récents ont atteint un stade auquel les fiches et embases USB actuellement en usage constituent un frein à l'innovation, en particulier en raison de leur taille relativement importante et des contraintes de volume interne des versions Standard-A et Standard-B des connecteurs USB. De plus, avec l'évolution des modèles d'utilisation de ces plateformes, les exigences de convivialité et de robustesse ont également évolué. Or, à l'origine, les connecteurs USB existants n'ont pas été conçus pour répondre à ces nouvelles exigences. La présente spécification établit un nouvel écosystème de connecteurs USB, qui répond aux besoins évolutifs des plateformes et dispositifs tout en conservant tous les avantages fonctionnels de la norme USB, qui constituent le fondement de l'interface d'interconnexion informatique la plus populaire.

1.1 Objet

La présente spécification définit les fiches et embases, ainsi que les câbles USB Type-C®.

La spécification des câbles et connecteurs USB Type-C est guidée par les principes suivants:

- favoriser des critères de forme d'hôtes et dispositifs innovants et agréables, où la taille, la conception industrielle et le style constituent des paramètres importants;
- interagir en toute fluidité avec les solutions d'hôtes et de dispositifs USB silicium actuelles;
- améliorer la facilité d'utilisation pour la connexion des dispositifs USB, en réduisant autant que possible le risque de confusion lors de l'insertion des connecteurs et des câbles.

La spécification des câbles et connecteurs USB Type-C définit des techniques de connexion et de détection des embases, fiches et câbles USB, qui sont compatibles avec les spécifications électriques et fonctionnelles d'interface USB existantes. La présente spécification couvre les aspects suivants, qui sont nécessaires à la production et à l'utilisation de cette nouvelle solution de câble/connecteur USB pour les plateformes et dispositifs récents, et qui interagissent avec les plateformes et dispositifs actuels:

- les embases USB Type-C, notamment la description électromécanique et les exigences de performance;
- les fiches et les ensembles câble-connecteurs USB Type-C, notamment la description électromécanique et les exigences de performance;
- les ensembles câble-connecteurs et les adaptateurs USB Type-C pour la connexion avec les solutions existantes;
- la configuration d'interface et la détection des dispositifs USB Type-C, notamment la prise en charge des solutions de connexion existantes;
- le système **USB Power Delivery** optimisé pour les connecteurs USB Type-C.

La spécification des câbles et connecteurs USB Type-C définit un mécanisme normalisé qui prend en charge les **modes alternatifs**, comme la reconversion du connecteur pour un usage spécifiquement lié au branchement.

1.2 Domaine d'application

La présente spécification complète les spécifications **USB 2.0**, **USB 3.2**, **USB4®** et **USB Power Delivery** existantes. Elle ne s'applique qu'aux éléments exigés pour la mise en œuvre et la prise en charge des fiches et embases, ainsi que des câbles USB Type-C.

Des informations **normatives** sont fournies pour assurer l'interopérabilité des composants conçus selon la présente spécification. Lorsqu'elles sont fournies, des exemples de mises en œuvre peuvent être fournis à titre **informatif**.