

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Industrial networks – Profiles –

**Part 2-16: Additional real-time fieldbus profiles based on ISO/IEC/IEEE 8802-3 –
CPF 16**

Réseaux industriels – Profils –

**Partie 2-16: Profils de bus de terrain supplémentaires pour les réseaux en temps
réel fondés sur l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 – CPF 16**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61784-2-16:2023



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2023 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Secretariat
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee, ...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: sales@iec.ch.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 300 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 19 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études, ...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: sales@iec.ch.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 300 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 19 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Industrial networks – Profiles –

**Part 2-16: Additional real-time fieldbus profiles based on ISO/IEC/IEEE 8802-3 –
CPF 16**

Réseaux industriels – Profils –

**Partie 2-16: Profils de bus de terrain supplémentaires pour les réseaux en
temps réel fondés sur l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 – CPF 16**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 35.100.20; 35.240.50

ISBN 978-2-8322-6905-3

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.

CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms, definitions, abbreviated terms, acronyms, and conventions	7
3.1 Terms and definitions.....	7
3.2 Abbreviated terms and acronyms	8
3.3 Symbols.....	8
3.4 Conventions.....	9
4 CPF 16 (SERCOS) – RTE communication profiles.....	9
4.1 General overview	9
4.2 CP 16/3 (SERCOS III).....	10
4.2.1 Physical layer	10
4.2.2 Data-link layer	10
4.2.3 Application layer	10
4.2.4 Performance indicator selection	11
Bibliography.....	18
Table 1 – CPF 16 symbols	9
Table 2 – CP 16/3: DLL service selection.....	10
Table 3 – CP 16/3: DLL protocol selection	10
Table 4 – CP 16/3: AL service selection.....	10
Table 5 – CP 16/3: AL protocol selection.....	11
Table 6 – CP 16/3: PI overview	11
Table 7 – CP 16/3: PI dependency matrix	12
Table 8 – CP 16/3: Consistent set of PIs with a minimum cycle time of 31,25 µs.....	15
Table 9 – CP 16/3: Consistent set of PIs with a cycle time of 500 µs (real-time only)	16
Table 10 – CP 16/3: Consistent set of PIs with a cycle time of 500 µs (real-time and non-real-time)	17
Table 11 – CP 16/3: Consistent set of PIs with non symmetrical data throughput and a cycle time of 500 µs (real-time and non-real-time).....	17

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**INDUSTRIAL NETWORKS –
PROFILES –****Part 2-16: Additional real-time fieldbus profiles
based on ISO/IEC/IEEE 8802-3 –
CPF 16****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) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

Attention is drawn to the fact that the use of some of the associated protocol types is restricted by their intellectual-property-right holders. In all cases, the commitment to limited release of intellectual-property-rights made by the holders of those rights permits a layer protocol type to be used with other layer protocols of the same type, or in other type combinations explicitly authorized by their respective intellectual property right holders.

NOTE Combinations of protocol types are specified in the IEC 61784-1 series and the IEC 61784-2 series.

IEC 61784-2-16 has been prepared by subcommittee 65C: Industrial networks, of IEC technical committee 65: Industrial-process measurement, control and automation. It is an International Standard.

This first edition, together with the other parts of the same series, cancels and replaces the fourth edition of IEC 61784-2 published in 2019. This first edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to IEC 61784-2:2019:

- a) split of the original IEC 61784-2 into several subparts, one subpart for the material of a generic nature, and one subpart for each Communication Profile Family specified in the original document.

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

Draft	Report on voting
65C/1209/FDIS	65C/1237/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications.

A list of all parts of the IEC 61784-2 series, published under the general title *Industrial networks – Profiles – Part 2: Additional real-time fieldbus profiles based on ISO/IEC/IEEE 8802-3*, 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,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

INTRODUCTION

The IEC 61784-2 series provides additional Communication Profiles (CP) to the existing Communication Profile Families (CPF) of the IEC 61784-1 series and additional CPFs with one or more CPs. These profiles meet the industrial automation market objective of identifying Real-Time Ethernet (RTE) communication networks coexisting with ISO/IEC/IEEE 8802-3 – commonly known as Ethernet. These RTE communication networks use provisions of ISO/IEC/IEEE 8802-3 for the lower communication stack layers and additionally provide more predictable and reliable real-time data transfer and means for support of precise synchronization of automation equipment.

More specifically, these profiles help to correctly state the compliance of RTE communication networks with ISO/IEC/IEEE 8802-3, and to avoid the spreading of divergent implementations.

Adoption of Ethernet technology for industrial communication between controllers and even for communication with field devices promotes the use of Internet technologies in the field area. This availability would be unacceptable if it causes the loss of features required in the field area for industrial communication automation networks, such as:

- real-time,
- synchronized actions between field devices like drives,
- efficient, frequent exchange of very small data records.

These new RTE profiles can take advantage of the improvements of Ethernet networks in terms of transmission bandwidth and network span.

Another implicit but essential requirement is that the typical Ethernet communication capabilities, as used in the office world, are fully retained, so that the software involved remains applicable.

The market is in need of several network solutions, each with different performance characteristics and functional capabilities, matching the diverse application requirements. RTE performance indicators, whose values will be provided with RTE devices based on communication profiles specified in the IEC 61784-2 series, enable the user to match network devices with application-dependent performance requirements of an RTE network.

INDUSTRIAL NETWORKS – PROFILES –

Part 2-16: Additional real-time fieldbus profiles based on ISO/IEC/IEEE 8802-3 – CPF 16

1 Scope

This part of IEC 61784-2 defines extensions of Communication Profile Family 16 (CPF 16) for Real-Time Ethernet (RTE). CPF 16 specifies a Real-Time Ethernet (RTE) communication profile (CP) and related network components based on the IEC 61158 series (Type 19), ISO/IEC/IEEE 8802-3 and other standards.

For each RTE communication profile, this document also specifies the relevant RTE performance indicators and the dependencies between these RTE performance indicators.

NOTE 1 All CPs are based on standards or draft standards or International Standards published by the IEC or on standards or International Standards established by other standards bodies or open standards processes.

NOTE 2 The RTE communication profile uses ISO/IEC/IEEE 8802-3 communication networks and its related network components and in some cases amend those standards to obtain RTE features.

NOTE 3 Some CPs of CPF 16 are specified in IEC 61784-1-16.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

NOTE All parts of the IEC 61158 series, as well as the IEC 61784-1 series and the IEC 61784-2 series, are maintained simultaneously. Cross-references to these documents within the text therefore refer to the editions as dated in this list of normative references.

IEC 61158 (all parts), *Industrial communication networks – Fieldbus specifications*

IEC 61158-3-19:2019, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-19: Data-link layer service definition – Type 19 elements*

IEC 61158-4-19:2019, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 4-19: Data-link layer protocol specification – Type 19 elements*

IEC 61158-5-19:2019, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-19: Application layer service definition – Type 19 elements*

IEC 61158-6-19:2019, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-19: Application layer protocol specification – Type 19 elements*

IEC 61784-1-16:2023, *Industrial networks – Profiles – Part 1-16: Fieldbus profiles – Communication Profile Family 16*

IEC 61784-2-0:2023, *Industrial networks – Profiles – Part 2-0: Additional real-time fieldbus profiles based on ISO/IEC/IEEE 8802-3 – General concepts and terminology*

IEC 61800 (all parts), *Adjustable speed electrical power drive systems*

ISO/IEC/IEEE 8802-3, *Telecommunications and exchange between information technology systems – Requirements for local and metropolitan area networks – Part 3: Standard for Ethernet*

IEEE Std 802-2014, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Overview and Architecture*

IEEE Std 802.1AB-2016, *IEEE Standard for Local and metropolitan area networks – Station and Media Access Control Connectivity Discovery*

IEEE Std 802.1AS-2020, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks – Timing and Synchronization for Time-Sensitive Applications*

IEEE Std 802.1Q-2018, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks – Bridges and Bridged Networks*

IETF RFC 768, J. Postel, *User Datagram Protocol*, August 1980, available at <https://www.rfc-editor.org/info/rfc768> [viewed 2022-02-18]

IETF RFC 791, J. Postel, *Internet Protocol*, September 1981, available at <https://www.rfc-editor.org/info/rfc791> [viewed 2022-02-18]

IETF RFC 792, J. Postel, *Internet Control Message Protocol*, September 1981, available at <https://www.rfc-editor.org/info/rfc792> [viewed 2022-02-18]

IETF RFC 793, J. Postel, *Transmission Control Protocol*, September 1981, available at <https://www.rfc-editor.org/info/rfc793> [viewed 2022-02-18]

3 Terms, definitions, abbreviated terms, acronyms, and conventions

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 61784-2-0, ISO/IEC/IEEE 8802-3, IEEE Std 802-2014, IEEE Std 802.1AB-2016, IEEE Std 802.1AS-2020, IEEE Std 802.1Q-2018 and the following apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <https://www.iso.org/obp>

3.1.1

communication cycle

fixed time period between two master synchronization telegrams

3.1.2

identification number

IDN

designation of operating data under which a data block is preserved with its attribute, name, unit, minimum and maximum input values, and the data

3.1.3

IP channel

defined time slot within the communication cycle, which passes ISO/IEC/IEEE 8802-3 Ethernet protocol frames (non-real-time communication)

3.1.4

master

node which assigns the other nodes the right to transmit

3.1.5

MDTO telegram

telegram, in which the master transmits its synchronization data, as well as parts or all of its real-time data, to the slaves

3.1.6

telegram

frame

3.2 Abbreviated terms and acronyms

For the purposes of this document, abbreviated terms and acronyms defined in IEC 61784-2-0 and the following apply.

CP	Communication Profile [according to IEC 61784-1-0]
CPF	Communication Profile Family [according to IEC 61784-1-0]
ICMP	Internet Control Message Protocol (see IETF RFC 792)
IDN	IDentification Number
IETF	Internet Engineering Task Force
IP	Internet Protocol (see IETF RFC 791)
LLDP	Link Layer Discovery Protocol (see IEEE Std 802.1AB-2016)
Phy	PHY Physical layer entity sublayer (see ISO/IEC/IEEE 8802-3)
PI	Performance indicator
RSTP	Rapid Spanning Tree Algorithm and Protocol (see IEEE Std 802.1Q-2018)
SERCOS	SErial Real time COmmunication System
TCP	Transmission Control Protocol (see IETF RFC 793)
UDP	User Datagram Protocol (see IETF RFC 768)

3.3 Symbols

For the purposes of this document, symbols defined in IEC 61784-2-0 and Table 1 apply.

NOTE Definitions of symbols in this Subclause 3.3 do not use the italic font, as they are already identified as symbols.

Table 1 – CPF 16 symbols

Symbol	Definition	Unit
ac	Non-time based synchronization accuracy	ns
cd	Cable delay	µs/m
clt	Total cable length	m
ct	Cycle_time configured for the network segment	µs
data	Data to be transmitted in one cycle (including the complete Ethernet frame)	bit
DT	Delivery time	µs
fr	Frame runtime	µs
ma	Synchronization accuracy of the master device	µs
mct	Minimum cycle time	ms
N	Integer value	–
nf	Number of frames	–
nn	Number of nodes	–
pd	Propagation delay (signal delay) of a forwarding node	µs
sa	Synchronization accuracy of one slave device	µs
st	Separation time per frame	µs
tt	Transfer time	µs

3.4 Conventions

For the purposes of this document, the conventions defined in IEC 61784-2-0 apply.

4 CPF 16 (SERCOS¹) – RTE communication profiles

4.1 General overview

Communication Profile Family 16 defines profiles based on IEC 61158 series, protocol Type 16 and Type 19.

The CPF 16 consists of three communication profiles (CP).

- Profile 16/1 (SERCOS I)
This profile is based on fibre-media physical layers and operates at 2 Mbit/s and 4 Mbit/s. Refer to IEC 61784-1-16.
- Profile 16/2 (SERCOS II)
This profile is similar to 16/1, but operates also at 8 Mbit/s and 16 Mbit/s, and provides for additional features. Refer to IEC 61784-1-16.
- Profile 16/3 (SERCOS III)
This profile is based on ISO/IEC/IEEE 8802-3 (Ethernet) MAC and physical layers; it provides again for additional features.

¹ SERCOS is a trade name of Sercos International e.V. This information is given for the convenience of users of this document and does not constitute an endorsement by IEC of the trademark holder or any of its products. Compliance with this profile does not require use of the trade name. Use of the trade name requires permission of the trade name holder.

4.2 CP 16/3 (SERCOS III)

4.2.1 Physical layer

The physical layer is based on standard Ethernet hardware according to ISO/IEC/IEEE 8802-3. CP 16/3 (SERCOS III) devices shall use a data rate of 100 Mbit/s, and shall be connected in a ring or a line topology. Any combination of full-duplex, 100Base-TX with auto crossover function (wire, 2 twisted pairs), as well as 100Base-FX (optical fibre) may be used.

When using cables, they shall be rated Cat5e or better, and shielded in an appropriate way (FTP, STP or SFTP) depending upon EMC constraints.

4.2.2 Data-link layer

4.2.2.1 General

CP 16/3 profile shall use standard Ethernet ISO/IEC/IEEE 8802-3 frames tagged with the Ethertype 0x88CD.

4.2.2.2 DLL service selection

The data-link layer services are defined in IEC 61158-3-19. Table 2 shows the subclauses included in this profile.

Table 2 – CP 16/3: DLL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
Whole document	Data link protocol specification (Type 19)	YES	—

4.2.2.3 DLL protocol selection

The data-link layer protocols are defined in IEC 61158-4-19. Table 3 shows the subclauses included in this profile.

Table 3 – CP 16/3: DLL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
Whole document	Data link protocol specification (Type 19)	YES	—

4.2.3 Application layer

4.2.3.1 AL service selection

The application layer services are defined in IEC 61158-5-19. Table 4 shows the subclauses included in this profile.

Table 4 – CP 16/3: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
Whole document	Data link protocol specification (Type 19)	YES	—

4.2.3.2 AL protocol selection

The application layer protocol is defined in IEC 61158-6-19. Table 5 shows the subclauses included in this profile.

Table 5 – CP 16/3: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
Whole document	Data link protocol specification (Type 19)	YES	—

4.2.4 Performance indicator selection

4.2.4.1 Performance indicator overview

Table 6 gives an overview on the applicable performance indicators for CP 16/3.

Table 6 – CP 16/3: PI overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery time	YES	—
Number of end-stations	YES	—
Basic network topology	YES	—
Number of switches between end-stations	NO	Switches shall not be used
Throughput RTE	YES	—
Non-RTE bandwidth	YES	—
Time synchronization accuracy	NO	—
Non-time-based synchronization accuracy	YES	—
Redundancy recovery time	YES	In the ring topology, a single permanent fault does not produce any failure. In this case, the recovery time is zero

4.2.4.2 Performance indicator dependencies

4.2.4.2.1 Dependency matrix

Table 7 gives an overview on the dependencies of the performance indicators.

Table 7 – CP 16/3: PI dependency matrix

Dependent PI	Influencing PI						
	Delivery time	Number of end-stations	Basic network topology	Throughput RTE	Non-RTE bandwidth	Non time-based synchronization accuracy	Redundancy recovery time
Delivery time		YES 4.2.4.2.2	NO	YES 4.2.4.2.2	YES 4.2.4.2.2	NO	NO
Number of end-stations	YES		NO	YES	YES	NO	NO
Basic network topology	NO	NO		NO	NO	NO	NO
Throughput RTE	NO	NO	NO		YES 4.2.4.2.6	NO	NO
Non-RTE bandwidth	NO	NO	NO	YES 4.2.4.2.6		NO	NO
Non-time-based synchronization accuracy	NO	YES 4.2.4.2.7	NO	NO	NO		NO
Redundancy recovery time	NO	NO	YES 4.2.4.2.8	NO	NO	NO	

4.2.4.2.2 Calculation of delivery time

The performance indicator delivery time can be calculated by Formula (1).

$$DT = ct + STTs + STTr + fr \quad (1)$$

where

DT is the delivery time;

ct is the cycle_time (according to 4.2.4.2.3);

STTs is the sender stack traversal time including Phy and MAC (according to 4.2.4.2.5);

STTr is the receiver stack traversal time including Phy and MAC (according to 4.2.4.2.5);

fr is the frame runtime (according to 4.2.4.2.4);

STT is the stack traversal time including Phy and MAC.

EXAMPLE:

Cycle_Time = 31,25 µs; Frame Runtime = 9 µs; STTs << 1 µs; STTr << 1 µs

Delivery time = 31,25 µs + 9 µs = 40,25 µs

4.2.4.2.3 Calculation of cycle time

CP 16/3 is a communication technology with fixed, discrete communication cycles. The cycle time is defined as multiples and submultiples of 250 µs according to Formula (2).

$$ct = \begin{cases} N \times 250 & \text{where } N \geq 1 \text{ and } N \leq 260\,000 \\ \frac{250}{N} & \text{where } N = 2, 4 \text{ or } 8 \end{cases} \quad (2)$$

where

ct is the cycle_time in microseconds configured for the network segment;

N is an integer value.

This means that the cycle time may be selected between 31,25 µs and 65 ms. It may be shorter, but shall not be longer. In any case, the selected cycle time shall be greater than the minimum cycle time, as shown in Formula (3).

$$ct > mct \quad (3)$$

where

ct is the cycle_time configured for the network segment;

mct is the minimum cycle time (according to Formula (4)).

The minimum cycle time of an application depends on the number of CP 16/3 nodes, the amount of real-time data exchanged between these nodes and the number of Ethernet frames that are used to transport the amount of real-time data between these nodes.

The minimum cycle time can be calculated by Formula (4).

$$mct = tt \times data + st \times nf \quad (4)$$

where

mct is the minimum_cycle_time;

tt is the transfer time (80 ns/octet);

data is the data to be transmitted in one cycle (including the complete Ethernet frame);

st is the separation time per frame;

nf is the number of frames.

The number of frames is in a range between 2 and 8 depending on the amount of data to be transmitted and the number of nodes.

EXAMPLE

Transfer time = 80 ns/octet (100 Mbit/s); data = 336 octets; separation time per frame = 1 µs; number of frames = 2

Minimum cycle time: $mct = 80 \text{ ns} \times 336 \text{ octets} + 1 \text{ µs} \times 2 = 26,88 \text{ µs} + 2 \text{ µs} = 28,88 \text{ µs}$

Selected cycle time: $ct = 31,25 \text{ µs} > 28,88 \text{ µs}$

4.2.4.2.4 Calculation of the frame runtime

The frame runtime depends on the cable delay and the propagation delay (signal delay) in the forwarding nodes. Forwarding nodes are intermediate nodes between the sending and receiving node in a ring or line topology.

The frame runtime can be calculated by Formula (5).

$$fr = cd \times clt + \sum_{i=1}^{nn} pd_i \quad (5)$$

where

fr is the frame runtime;

cd is the cable delay;

clt is the total cable length;

nn is the number of nodes;

pd is the propagation delay (signal delay) of a forwarding node.

EXAMPLE

Cable delay = 5 ns/m; cable length = 900 m; propagation delay = 0,5 µs; number of nodes = 9

Frame runtime = 5 ns/m × 900 m + 9 × 0,5 µs = 9,0 µs

4.2.4.2.5 Calculation of Sender and Receiver Stack Traversal Time

The sender and receiver stack traversal time are implementation specific and cannot be calculated by a formula. Real-time data is not moved through a sender and receiver stack. Instead, the data is exchanged between the application and the communication controller by means of a shared memory which allows a fast and efficient access to the data.

4.2.4.2.6 Throughput RTE and non-RTE bandwidth

The throughput RTE and the non-RTE bandwidth are directly dependent on each other. When cycle times below 250 µs are configured (125 µs, 62,5 µs, 31,25 µs), only real-time data can be transmitted (non-RTE bandwidth = 0). For cycle times of 250 µs and higher, the share of non-RTE bandwidth in relation to the available bandwidth of 100 Mbit/s can be freely configured.

EXAMPLE 1

Cycle time = 250 µs, time slot for real-time data: 125 µs, time slot IP channel: 125 µs

Non-RTE bandwidth = 50 %, throughput RTE < 50 Mbit/s

EXAMPLE 2

Cycle time = 500 µs, time slot for real-time data: 125 µs, time slot IP channel: 375 µs

Non-RTE bandwidth = 75 %, throughput RTE < 25 Mbit/s

4.2.4.2.7 Non-time based synchronization accuracy

The synchronization accuracy depends on the accuracy of the Ethernet hardware which influences the exact point of time when the synchronization pattern is received by the node. The synchronization pattern is part of the MDT0 telegram which is sent once per communication cycle.

The accuracy can be calculated by Formula (6).

$$ac = ma + \sum_{i=1}^{nn-1} sa_i \quad (6)$$

where

ac is the non-time based synchronization accuracy;

ma is the synchronization accuracy of the master device;

sa is the synchronization accuracy of one slave device;

nn the number of nodes; (*nn*-1) is the number of slaves, in a line topology.

EXAMPLE 1 Master device with hardware-based synchronization

ma = 50 ns, 10 slave devices each with a synchronization accuracy of 50 ns

nslave = 10 slave devices each with a synchronization accuracy of 50 ns (equivalent to 20 slaves in a ring configuration)

ac = 50 ns + 10 × 50 ns = 550 ns

EXAMPLE 2 Master device with Standard Ethernet hardware and software-based synchronization

ma = 40 µs, 10 slave devices each with a synchronization accuracy of 50 ns

nslave = 10 slave devices each with a synchronization accuracy of 50 ns (equivalent to 20 slaves in a ring configuration)

ac = 40 µs + 10 × 50 ns = 40,5 µs

4.2.4.2.8 Redundancy recovery time

In the ring topology, a single permanent fault does not produce any failure. The ring is immediately split into two lines. In this case, the recovery time is zero.

4.2.4.3 Consistent set of performance indicators

Table 8 shows the consistent set of performance indicators for a scenario where the minimal cycle time of 31,25 µs is configured in a ring topology. In this scenario, it is assumed that 9 end-stations (1 master end-station and 8 slave end-stations) are set up in such a way that each node produces and consumes up to 10 octets each including control and status words (4 octets each), that is 20 real-time octets per node.

Table 8 – CP 16/3: Consistent set of PIs with a minimum cycle time of 31,25 µs

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	< 39,8 µs	Cable length between all end-stations 100 m (worst case) Cycle time set to 31,25 µs Frame runtime: 9 µs
Number of end-stations	≤ 9	1 master end-station, 8 slave end-stations
Number of switches between end-stations	0	Switches shall not be used
Throughput RTE	≤ 11 520 000 octets/s	≤ 10/10 real-time octets per slave end-station
Non-RTE bandwidth	0	For cycle times below 250 µs, non-RTE traffic is not supported
Non-time-based synchronization accuracy	< 1 µs or < 50 µs	< 1 µs (high performance synchronization), < 50 µs (low performance synchronization)
Redundancy recovery time	0	In the ring topology, a single permanent fault does not produce any failure. In this case, the recovery time is zero

Table 9 shows the consistent set of performance indicators for a scenario where the cycle time of 500 μ s is configured in a ring topology. In this scenario, it is assumed that 185 end-stations (1 master end-station and 184 slave end-stations) are set up in such a way that each node produces and consumes up to 10 octets each including control and status words (4 octets each), that is 20 real-time octets per node. Non-RTE traffic is not used.

Table 9 – CP 16/3: Consistent set of PIs with a cycle time of 500 μ s (real-time only)

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	< 677 μ s	Cable length between all end-stations 100 m (worst case) Cycle time set to 500 μ s Frame runtime: 185 μ s
Number of end-stations	≤ 185	1 master end station, 184 slave end-stations
Number of switches between end-stations	0	Switches shall not be used
Throughput RTE	$\leq 12\,192\,000$ octets/s	$\leq 10/10$ real-time octets per slave end-station
Non-RTE bandwidth	0	In this scenario, non-RTE traffic is not configured although possible
Non-time-based synchronization accuracy	< 1 μ s or < 50 μ s	< 1 μ s (high performance synchronization), < 50 μ s (low performance synchronization)
Redundancy recovery time	0	In the ring topology, a single permanent fault does not produce any failure. In this case, the recovery time is zero

Table 10 shows the consistent set of performance indicators for a scenario where the cycle time of 500 μ s is configured in a ring topology. In this scenario, it is assumed that 139 end-stations (1 master end-station and 138 slave end-stations) are set up in such a way that each node produces and consumes up to 10 octets each including control and status word (4 octets each), that is 20 real-time octets per node. The non-RTE traffic is used and uses 25 % of the available bandwidth (slot for non-real-time data: 125 μ s = 25 % of 500 μ s).

Table 10 – CP 16/3: Consistent set of PIs with a cycle time of 500 µs (real-time and non-real-time)

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	< 513 µs	Cable length between all end-stations 100 m (worst case) Cycle time set to 500 µs Frame runtime: 139 µs
Number of end-stations	≤ 139	1 master end-station, 138 slave end-stations
Number of switches between end-stations	0	Switches shall not be used
Throughput RTE	≤ 9 248 000 octets/s	≤ 10/10 real-time octets per slave end-station
Non-RTE bandwidth	≤ 3 125 000 octets/s	25 % of the bandwidth is used for non-RTE traffic (IP channel is 125 µs wide)
Non-time-based synchronization accuracy	< 1 µs or < 50 µs	< 1 µs (high performance synchronization), < 50 µs (low performance synchronization)
Redundancy recovery time	0	In the ring topology, a single permanent fault does not produce any failure. In this case, the recovery time is zero

Table 11 shows the consistent set of performance indicators for a scenario where the cycle time of 500 µs is configured in a ring topology. In this scenario, it is assumed that 101 end-stations (1 master end-station and 100 slave end-stations) are set up in such a way that each end slave node produces 24 octets and consumes 8 octets, including control and status words respectively (4 octets each). Such a scenario fits particularly well to power drive system applications as described in the IEC 61800 series. The non-RTE traffic is used and uses 25 % of the available bandwidth (slot for non-real-time data: 125 µs = 25 % of 500 µs).

Table 11 – CP 16/3: Consistent set of PIs with non symmetrical data throughput and a cycle time of 500 µs (real-time and non-real-time)

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	< 474 µs	Cable length between all end-stations 100 m (worst case) Cycle time set to 500 µs Frame runtime: 101 µs
Number of end-stations	≤ 101	1 master end-station, 100 slave end-stations
Number of switches between end-stations	0	Switches shall not be used
Throughput RTE	≤ 9 248 000 octets/s	≤ 10/10 real-time octets per slave end-station
Non-RTE bandwidth	≤ 3 125 000 octets/s	25 % of the bandwidth is used for non-RTE traffic (IP channel is 125 µs wide)
Non-time-based synchronization accuracy	< 1 µs or < 50 µs	< 1 µs (high performance synchronization), < 50 µs (low performance synchronization)
Redundancy recovery time	0	In the ring topology, a single permanent fault does not produce any failure. In this case, the recovery time is zero

Bibliography

IEC 61158-1, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 1: Overview and guidance for the IEC 61158 and IEC 61784 series*

IEC 61158-2, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 2: Physical layer specification and service definition*

IEC 61158-3-16, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-16: Data-link layer service definition – Type 16 elements*

IEC 61158-4-16, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 4-16: Data-link layer protocol specification – Type 16 elements*

IEC 61158-5-16, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-16: Application layer service definition – Type 16 elements*

IEC 61158-6-16, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-16: Application layer protocol specification – Type 16 elements*

IEC 61784-1 (all parts), *Industrial networks – Profiles – Part 1: Fieldbus profiles*

IEC 61784-1-0, *Industrial networks – Profiles – Part 1-0: Fieldbus profiles – General concepts and terminology*

IEC 61784-2 (all parts), *Industrial networks – Profiles – Part 2: Additional real-time fieldbus profiles based on ISO/IEC/IEEE 8802-3*

IEC 61918, *Industrial communication networks – Installation of communication networks in industrial premises*

ISO/IEC 7498-1, *Information technology – Open Systems Interconnection – Basic Reference Model: The Basic Model*

ISO/IEC 9646 (all parts), *Information technology – Open Systems Interconnection – Conformance testing methodology and framework*

ISO/IEC TR 10000-1:1998, *Information technology – Framework and taxonomy of International Standardized Profiles – Part 1: General principles and documentation framework*

ISO/IEC 11801-1:2017, *Information technology – Generic cabling for customer premises – Part 1: General requirements*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61784-2-16:2023

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	21
INTRODUCTION.....	23
1 Domaine d'application	24
2 Références normatives	24
3 Termes, définitions, abréviations, acronymes et conventions	25
3.1 Termes et définitions	25
3.2 Abréviations et acronymes	26
3.3 Symboles	27
3.4 Conventions.....	27
4 CPF 16 (SERCOS) – Profils de communication RTE.....	27
4.1 Présentation générale	27
4.2 CP 16/3 (SERCOS III).....	28
4.2.1 Couche physique	28
4.2.2 Couche liaison de données.....	28
4.2.3 Couche application	28
4.2.4 Sélection des indicateurs de performance.....	29
Bibliographie.....	37
Tableau 1 – Symboles applicables à la CPF 16.....	27
Tableau 2 – CP 16/3: sélection des services DLL.....	28
Tableau 3 – CP 16/3: sélection du protocole DLL.....	28
Tableau 4 – CP 16/3: sélection des services AL.....	29
Tableau 5 – CP 16/3: sélection du protocole AL.....	29
Tableau 6 – CP 16/3: vue d'ensemble des indicateurs de performance	29
Tableau 7 – CP 16/3: matrice de dépendance entre les indicateurs de performance	30
Tableau 8 – CP 16/3: ensemble cohérent d'indicateurs de performance avec un temps de cycle minimal de 31,25 µs.....	34
Tableau 9 – CP 16/3: ensemble cohérent d'indicateurs de performance avec un temps de cycle de 500 µs (temps réel uniquement).....	34
Tableau 10 – CP 16/3: ensemble cohérent d'indicateurs de performance avec un temps de cycle de 500 µs (temps réel et temps différé).....	35
Tableau 11 – CP 16/3: ensemble cohérent d'indicateurs de performance avec un débit de données asymétriques et un temps de cycle de 500 µs (temps réel et temps différé)	36

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

RÉSEAUX INDUSTRIELS –
PROFILS –Partie 2-16: Profils de bus de terrain supplémentaires pour les réseaux
en temps réel fondés sur l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 –
CPF 16

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. A 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'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

L'attention est attirée sur le fait que l'utilisation de certains des types de protocoles associés est restreinte par les détenteurs des droits de propriété intellectuelle. En tout état de cause, l'engagement de renonciation partielle aux droits de propriété intellectuelle pris par les détenteurs de ces droits autorise l'utilisation d'un type de protocole de couche avec les autres protocoles de couche du même type, ou dans des combinaisons avec d'autres types autorisés explicitement par les détenteurs respectifs des droits de propriété intellectuelle pour ces types.

NOTE Les combinaisons de types de protocoles sont spécifiées dans la série IEC 61784-1 et la série IEC 61784-2.

L'IEC 61784-2-16 a été établie par le sous-comité 65C: Réseaux industriels, du comité d'études 65 de l'IEC: Mesure, commande et automation dans les processus industriels. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette première édition, conjointement avec les autres parties de la même série, annule et remplace la quatrième édition de l'IEC 61784-2 parue en 2019. Cette première édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'IEC 61784-2:2019:

- a) scission de l'IEC 61784-2 d'origine en plusieurs sous-parties, une sous-partie pour le matériel de nature générique et une sous-partie pour chaque famille de profils de communication spécifiée dans le document d'origine.

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

Projet	Rapport de vote
65C/1209/FDIS	65C/1237/RVD

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

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Le présent document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/standardsdev/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61784-2, publiées sous le titre général *Réseaux industriels – Profils – Partie 2: Profils de bus de terrain supplémentaires pour les réseaux en temps réel fondés sur l'ISO/IEC/IEEE 8802-3*, 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. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

INTRODUCTION

La série IEC 61784-2 fournit des profils de communication (CP) supplémentaires aux familles de profils de communication (CPF) existantes de la série IEC 61784-1 et des CPF supplémentaires à un ou plusieurs CP. Ces profils répondent aux objectifs du marché d'automatisation industrielle visant à identifier les réseaux de communication Ethernet en temps réel (RTE) coexistant avec l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 – communément appelée la norme pour Ethernet. Ces réseaux de communication RTE s'appuient sur les dispositions de l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 relatives aux couches inférieures de la pile de communication et assurent en outre un transfert de données en temps réel plus prévisible et fiable, et une prise en charge d'une synchronisation précise de l'équipement d'automatisation.

De manière plus spécifique, ces profils permettent d'assurer la conformité des réseaux de communication RTE à l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 et d'éviter la propagation de mises en œuvre divergentes.

L'adoption de la technologie Ethernet pour la communication industrielle entre les contrôleurs, et même pour la communication avec les appareils de terrain, favorise l'utilisation des technologies Internet dans la zone de terrain. Cette disponibilité pourrait s'avérer inacceptable si elle était à l'origine de la perte de certaines fonctionnalités exigées dans la zone de terrain des réseaux d'automatisation des communications industrielles, telles que:

- le fonctionnement en temps réel;
- les actions synchronisées entre les appareils de terrain, tels que les unités d'entraînement;
- l'échange efficace et fréquent d'enregistrements de données de très faible volume.

Ces nouveaux profils RTE peuvent présenter l'avantage d'améliorer les réseaux Ethernet en matière de largeur de bande de transmission et de portée de réseau.

Une autre exigence implicite, mais néanmoins essentielle, porte sur le fait que la totalité des capacités de communication Ethernet classiques (telles qu'elles sont utilisées dans le monde professionnel) est conservée, ce qui permet de continuer à utiliser le logiciel concerné.

Le marché a besoin de plusieurs solutions réseau, présentant chacune des caractéristiques de performance et des capacités fonctionnelles différentes qui correspondent aux différentes exigences d'application. Les indicateurs de performance RTE, dont les valeurs sont fournies avec les appareils RTE en fonction des profils de communication spécifiés dans la série IEC 61784-2, permettent à l'utilisateur de mettre en correspondance les appareils du réseau avec les exigences de performance dépendantes de l'application d'un réseau RTE.

RÉSEAUX INDUSTRIELS – PROFILS –

Partie 2-16: Profils de bus de terrain supplémentaires pour les réseaux en temps réel fondés sur l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 – CPF 16

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61784-2 définit les extensions de la famille de profils de communication 16 (CPF 16) pour l'Ethernet en temps réel (RTE). La CPF 16 spécifie un profil de communication (CP) Ethernet en temps réel (RTE, Real-Time Ethernet) et des composants de réseau associés basés sur la série IEC 61158 (type 19), l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 et d'autres normes.

Pour chaque profil de communication RTE, le présent document spécifie également les indicateurs de performance RTE correspondants et les dépendances entre ces indicateurs de performance RTE.

NOTE 1 Tous les CP sont fondés sur des normes ou projets de normes, ou des Normes internationales, publiés par l'IEC, ou bien sur des normes ou des Normes internationales établies par d'autres organismes de normalisation ou des processus de normalisation ouverts.

NOTE 2 Le profil de communication RTE utilise les réseaux de communication ISO/IEC/IEEE 8802-3 et leurs composants de réseau connexes et amende dans certains cas ces normes, pour obtenir les fonctions RTE.

NOTE 3 Certains CP de la CPF 16 sont spécifiés dans l'IEC 61784-1-16.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

NOTE Toutes les parties de la série IEC 61158, ainsi que la série IEC 61784-1 et la série IEC 61784-2, font l'objet d'une maintenance simultanée. Les références croisées à ces documents dans le texte se rapportent par conséquent aux éditions datées dans la présente liste de références normatives.

IEC 61158 (toutes les parties), *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain*

IEC 61158-3-19:2019, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 3-19: Définition des services de couche liaison de données – Éléments de type 19*

IEC 61158-4-19:2019, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 4-19: Spécification du protocole de la couche liaison de données – Éléments de type 19*

IEC 61158-5-19:2019, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 5-19: Définition des services de la couche application – Éléments de type 19*

IEC 61158-6-19:2019, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 6-19: Spécification du protocole de la couche application – Éléments de type 19*

IEC 61784-1-16:2023, *Réseaux industriels – Profils – Partie 1-16: Profils de bus de terrain – Famille de profils de communication 16*

IEC 61784-2-0:2023, *Réseaux industriels – Profils – Partie 2-0: Profils de bus de terrain supplémentaires pour les réseaux en temps réel fondés sur l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 – Concepts généraux et terminologie*

IEC 61800 (toutes les parties), *Entraînements électriques de puissance à vitesse variable*

ISO/IEC/IEEE 8802-3, *Télécommunications et échange entre systèmes informatiques – Exigences pour les réseaux locaux et métropolitains – Partie 3: Norme pour Ethernet*

IEEE Std 802-2014, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Overview and Architecture* (disponible en anglais seulement)

IEEE Std 802.1AB-2016, *IEEE Standard for Local and metropolitan area networks – Station and Media Access Control Connectivity Discovery* (disponible en anglais seulement)

IEEE Std 802.1AS-2020, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks – Timing and Synchronization for Time-Sensitive Applications* (disponible en anglais seulement)

IEEE Std 802.1Q-2018, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks – Bridges and Bridged Networks* (disponible en anglais seulement)

IETF RFC 768, J. Postel, *User Datagram Protocol*, août 1980, disponible à l'adresse <https://www.rfc-editor.org/info/rfc768> [consulté le 18/02/2022]

IETF RFC 791, J. Postel, *Internet Protocol*, septembre 1981, disponible à l'adresse <https://www.rfc-editor.org/info/rfc791> [consulté le 18/02/2022]

IETF RFC 792, J. Postel, *Internet Control Message Protocol*, septembre 1981, disponible à l'adresse <https://www.rfc-editor.org/info/rfc792> [consulté le 18/02/2022]

IETF RFC 793, J. Postel, *Transmission Control Protocol*, septembre 1981, disponible à l'adresse <https://www.rfc-editor.org/info/rfc793> [consulté le 18/02/2022]

3 Termes, définitions, abréviations, acronymes et conventions

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 61784-2-0, l'ISO/IEC/IEEE 8802-3, l'IEEE Std 802-2014, l'IEEE Std 802.1AB-2016, l'IEEE Std 802.1AS-2020, l'IEEE Std 802.1Q-2018 ainsi que les suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>

3.1.1

cycle de communication

durée fixe entre deux messages de synchronisation principaux

3.1.2

numéro d'identification

IDN

appellation d'une donnée de fonctionnement sous laquelle un bloc de données est préservé avec ses attribut, nom, unité, valeurs d'entrée minimale et maximale, ainsi que les données

3.1.3

canal IP

intervalle de temps défini dans le cycle de communication, permettant de transmettre les trames de protocole Ethernet ISO/IEC/IEEE 8802-3 (communication en temps différé)

3.1.4

appareil principal

nœud qui autorise les autres nœuds à transmettre

3.1.5

message MDT0

message dans lequel l'appareil principal transmet aux appareils subordonnés ses données de synchronisation et tout ou partie de ses données en temps réel

3.1.6

message

trame

3.2 Abréviations et acronymes

Pour les besoins du présent document, les abréviations et les acronymes de l'IEC 61784-2-0 ainsi que les suivants s'appliquent.

CP	Communication Profile (profil de communication) [conformément à l'IEC 61784-1-0]
CPF	Communication Profile Family (famille de profils de communication) [conformément à l'IEC 61784-1-0]
ICMP	Internet Control Message Protocol (protocole de message de contrôle Internet) (voir l'IETF RFC 792)
IDN	IDentification Number (numéro d'identification)
IETF	Internet Engineering Task Force (groupe spécial d'ingénierie d'Internet)
IP	Internet Protocol (protocole Internet) (voir l'IETF RFC 791)
LLDP	Link Layer Discovery Protocol (protocole de reconnaissance de couche de liaison) (voir l'IEEE Std 802.1AB-2016)
Phy	Sous-couche de l'entité de couche physique PHY (voir l'ISO/IEC/IEEE 8802-3)
PI	Performance Indicator (indicateur de performance)
RSTP	Rapid Spanning Tree algorithm and Protocol (algorithme et protocole d'arbre de recouvrement rapide) (voir l'IEEE Std 802.1Q-2018)
SERCOS	SERial Real time COmmunication System (système de communication série en temps réel)
TCP	Transmission Control Protocol (protocole de commande de transmission) (voir l'IETF RFC 793)
UDP	User Datagram Protocol (protocole de datagramme utilisateur) (voir l'IETF RFC 768)

3.3 Symboles

Pour les besoins du présent document, les symboles de l'IEC 61784-2-0 ainsi que ceux du Tableau 1 s'appliquent.

NOTE Les définitions des symboles dans le présent paragraphe 3.3 ne sont pas en italique, dans la mesure où les symboles sont déjà identifiés comme tels.

Tableau 1 – Symboles applicables à la CPF 16

Symbole	Définition	Unité
ac	Exactitude de la synchronisation non périodique	ns
cd	Délai du câble	µs/m
clt	Longueur totale du câble	m
ct	Temps de cycle configuré pour le segment de réseau	µs
data	Données à transmettre dans un cycle (y compris la trame Ethernet complète)	bit
DT	Temps de remise	µs
fr	Temps d'exécution de trame	µs
ma	Exactitude de synchronisation de l'appareil principal	µs
mct	Temps de cycle minimal	ms
N	Valeur entière	–
nf	Nombre de trames	–
nn	Nombre de nœuds	–
pd	Délai de propagation (retard du signal) d'un nœud de renvoi	µs
sa	Exactitude de synchronisation d'un appareil subordonné	µs
st	Temps de séparation par trame	µs
tt	Temps de transfert	µs

3.4 Conventions

Pour les besoins du présent document, les conventions définies dans l'IEC 61784-2-0 s'appliquent.

4 CPF 16 (SERCOS¹) – Profils de communication RTE

4.1 Présentation générale

La famille de profils de communication 16 définit des profils reposant sur la série IEC 61158, avec des protocoles de type 16 et de type 19.

La CPF 16 est composée de trois profils de communication (CP).

– Profil 16/1 (SERCOS I)

Ce profil repose sur des couches physiques à support fibre et fonctionne à 2 Mbit/s et 4 Mbit/s. Voir l'IEC 61784-1-16.

¹ SERCOS est une appellation commerciale de Sercos International e.V. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs du présent document et ne signifie nullement que l'IEC approuve le détenteur de la marque ou de l'un quelconque de ses produits. La conformité à ce profil n'exige pas l'utilisation de l'appellation commerciale. L'utilisation de l'appellation commerciale exige l'autorisation du détenteur de l'appellation commerciale.

– Profil 16/2 (SERCOS II)

Ce profil est analogue au profil 16/1, mais il fonctionne également à 8 Mbit/s et 16 Mbit/s et fournit des fonctionnalités supplémentaires. Voir l'IEC 61784-1-16.

– Profil 16/3 (SERCOS III)

Ce profil repose sur les couches MAC et PHY de l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 (norme pour Ethernet). Il fournit également des fonctionnalités supplémentaires.

4.2 CP 16/3 (SERCOS III)

4.2.1 Couche physique

La couche physique repose sur un matériel Ethernet conventionnel conforme à l'ISO/IEC/IEEE 8802-3. La vitesse de transmission des données des appareils CP 16/3 (SERCOS III) doit être de 100 Mbit/s. Ces appareils doivent être connectés selon une topologie en anneau ou linéaire. Toutes les combinaisons de mode bidirectionnel simultané 100Base-TX avec fonction d'autorecouvrement (fil, 2 paires torsadées) et 100Base-FX (fibre optique) peuvent être utilisées.

Lorsque des câbles sont utilisés, ils doivent être classés dans la catégorie Cat5e au moins, et blindés de manière appropriée (FTP, STP ou SFTP) selon les contraintes de compatibilité électromagnétique (CEM).

4.2.2 Couche liaison de données

4.2.2.1 Généralités

Le CP 16/3 doit utiliser les trames Ethernet ISO/IEC/IEEE 8802-3 conventionnelles, balisées avec le champ Ethertype 0x88CD.

4.2.2.2 Sélection des services DLL

Les services de la couche liaison de données sont définis dans l'IEC 61158-3-19. Le Tableau 2 présente les paragraphes inclus dans ce profil.

Tableau 2 – CP 16/3: sélection des services DLL

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
L'ensemble du document	Spécification du protocole de liaison de données (type 19)	OUI	—

4.2.2.3 Sélection du protocole DLL

Les protocoles de la couche liaison de données sont définis dans l'IEC 61158-4-19. Le Tableau 3 présente les paragraphes inclus dans ce profil.

Tableau 3 – CP 16/3: sélection du protocole DLL

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
L'ensemble du document	Spécification du protocole de liaison de données (type 19)	OUI	—

4.2.3 Couche application

4.2.3.1 Sélection des services AL

Les services de la couche application sont définis dans l'IEC 61158-5-19. Le Tableau 4 présente les paragraphes inclus dans ce profil.

Tableau 4 – CP 16/3: sélection des services AL

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
L'ensemble du document	Spécification du protocole de liaison de données (type 19)	OUI	—

4.2.3.2 Sélection du protocole AL

Le protocole de la couche application est défini dans l'IEC 61158-6-19. Le Tableau 5 présente les paragraphes inclus dans ce profil.

Tableau 5 – CP 16/3: sélection du protocole AL

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
L'ensemble du document	Spécification du protocole de liaison de données (type 19)	OUI	—

4.2.4 Sélection des indicateurs de performance

4.2.4.1 Vue d'ensemble des indicateurs de performance

Le Tableau 6 présente les indicateurs de performance applicables au CP 16/3.

Tableau 6 – CP 16/3: vue d'ensemble des indicateurs de performance

Indicateur de performance	Applicable	Contraintes
Temps de remise	OUI	—
Nombre de stations d'extrémité	OUI	—
Topologie de réseau de base	OUI	—
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	NON	Les commutateurs ne doivent pas être utilisés
Débit RTE	OUI	—
Largeur de bande non-RTE	OUI	—
Exactitude de la synchronisation temporelle	NON	—
Exactitude de la synchronisation non périodique	OUI	—
Temps de reprise de redondance	OUI	Dans la topologie en anneau, une seule panne permanente ne provoque pas de défaillance. Dans ce cas, le temps de reprise est nul.

4.2.4.2 Dépendances entre les indicateurs de performance

4.2.4.2.1 Matrice de dépendance

Le Tableau 7 présente les dépendances entre les indicateurs de performance.

Tableau 7 – CP 16/3: matrice de dépendance entre les indicateurs de performance

Indicateur de performance dépendant	Indicateur de performance d'influence						
	Temps de remise	Nombre de stations d'extrémité	Topologie de réseau de base	Débit RTE	Largeur de bande non-RTE	Exactitude de la synchronisation non périodique	Temps de reprise de redondance
Temps de remise		OUI 4.2.4.2.2	NON	OUI 4.2.4.2.2	OUI 4.2.4.2.2	NON	NON
Nombre de stations d'extrémité	OUI		NON	OUI	OUI	NON	NON
Topologie de réseau de base	NON	NON		NON	NON	NON	NON
Débit RTE	NON	NON	NON		OUI 4.2.4.2.6	NON	NON
Largeur de bande non-RTE	NON	NON	NON	OUI 4.2.4.2.6		NON	NON
Exactitude de la synchronisation non périodique	NON	OUI 4.2.4.2.7	NON	NON	NON		NON
Temps de reprise de redondance	NON	NON	OUI 4.2.4.2.8	NON	NON	NON	

4.2.4.2.2 Calcul du temps de remise

Le temps de remise de l'indicateur de performance peut être calculé par la Formule (1).

$$DT = ct + STTs + STTr + fr \quad (1)$$

où:

DT est le temps de remise;

ct est le temps de cycle (conformément à 4.2.4.2.3);

$STTs$ est le temps transversal de la pile de l'émetteur, y compris Phy et MAC (conformément à 4.2.4.2.5);

$STTr$ est le temps transversal de la pile du récepteur, y compris Phy et MAC (conformément à 4.2.4.2.5);

fr est le temps d'exécution de trame (conformément à 4.2.4.2.4);

STT est le temps transversal de la pile, y compris Phy et MAC.

EXEMPLE:

Temps de cycle = 31,25 µs; temps d'exécution de trame = 9 µs; $STTs \ll 1$ µs; $STTr \ll 1$ µs

Temps de remise = 31,25 µs + 9 µs = 40,25 µs

4.2.4.2.3 Calcul du temps de cycle

Le CP 16/3 est une technologie de communication comportant des cycles de communication fixes et distincts. Le temps de cycle est défini en multiples et sous-multiples de 250 µs selon la Formule (2).

$$ct = \begin{cases} N \times 250 & \text{where } N \geq 1 \text{ and } N \leq 260\,000 \\ \frac{250}{N} & \text{where } N = 2, 4 \text{ or } 8 \end{cases} \quad (2)$$

où:

ct est le temps de cycle configuré pour le segment de réseau;

N est une valeur entière.

Cela signifie que le temps de cycle peut être compris entre 31,25 µs et 65 ms. Il peut être plus court, mais ne doit pas être plus long. Dans tous les cas, le temps de cycle sélectionné doit être supérieur au temps de cycle minimal (voir la Formule (3)).

$$ct > mct \quad (3)$$

où:

ct est le temps de cycle configuré pour le segment de réseau;

mct est le temps de cycle minimal (conformément à la Formule (4)).

Le temps de cycle minimal d'une application dépend du nombre de nœuds CP 16/3, de la quantité de données en temps réel échangées entre ces nœuds et du nombre de trames Ethernet utilisées pour les transporter.

Le temps de cycle minimal peut être calculé par la Formule (4).

$$mct = tt \times data + st \times nf \quad (4)$$

où:

mct est le temps de cycle minimal;

tt est le temps de transfert (80 ns/octet);

data représente les données à transmettre dans un cycle (y compris la trame Ethernet complète);

st est le temps de séparation par trame;

nf est le nombre de trames.

Le nombre de trames est compris entre 2 et 8 selon la quantité de données à transmettre et le nombre de nœuds.

EXEMPLE

Temps de transfert = 80 ns/octet (100 Mbit/s); données = 336 octets; temps de séparation par trame = 1 µs; nombre de trames = 2

Temps de cycle minimal: $mct = 80 \text{ ns} \times 336 \text{ octets} + 1 \text{ µs} \times 2 = 26,88 \text{ µs} + 2 \text{ µs} = 28,88 \text{ µs}$

Temps de cycle sélectionné: $ct = 31,25 \text{ µs} > 28,88 \text{ µs}$