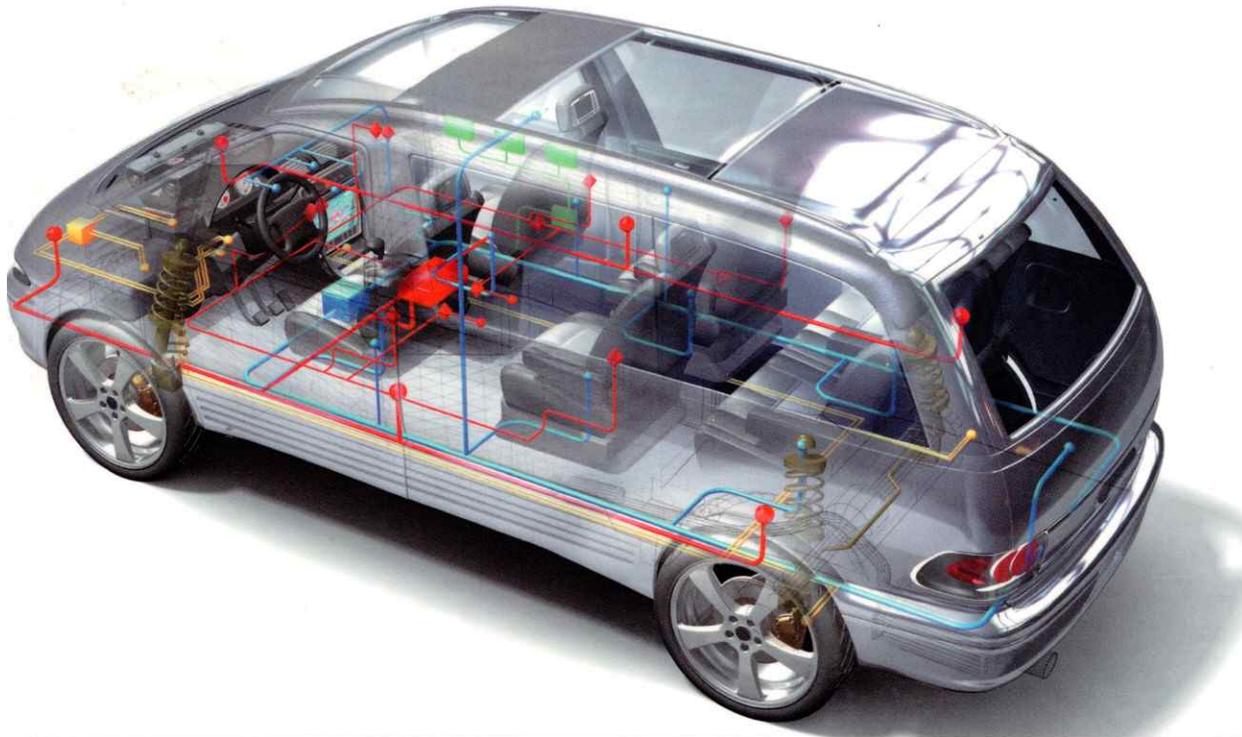


Dominique Paret  
Hassina Rebaine

**L'USINE  
NOUVELLE**



# RÉSEAUX DE COMMUNICATION POUR SYSTÈMES EMBARQUÉS

CAN, CAN FD, LIN, FlexRay, Ethernet...

**2<sup>e</sup> ÉDITION**

**DUNOD**

# TABLE DES MATIÈRES

---

Avant-propos	IX
Introduction	1

## A

### Protocoles *event triggered* CAN, CAN FD, LIN

<b>1 • Le CAN – Généralités</b>	<b>13</b>
1.1 Notions d'accès au réseau et d'arbitrage	13
1.2 Traitement et gestion des erreurs	18
1.3 Petite rubrique « enrichissez votre vocabulaire »	22
1.4 Du concept à la réalité	22
1.5 Contexte historique du CAN	24
1.6 Brevets, licences et certifications	30
<b>2 • Le CAN : son protocole, ses particularités</b>	<b>35</b>
2.1 Les définitions du protocole CAN – « ISO 11 898-1 »	35
2.2 Les erreurs : vies intimes, détections et traitements	64
2.3 Le reste de la trame	83
2.4 Le CAN 2.0 B	87
<b>3 • La couche physique CAN</b>	<b>95</b>
3.1 Introduction	95
3.2 Le « bit CAN »	98
3.3 Le nominal bit time	102
3.4 CAN et propagation du signal	106
3.5 La (re)synchronisation bit	118
3.6 Débit du réseau	129
<b>4 • Medium et implémentation physiques</b>	<b>139</b>
4.1 Les différents médias et les types de couplage au réseau	140
4.2 CAN à débit rapide (high speed CAN) de 125 kbit/s à 1 Mbit/s – « ISO 11 898-2 »	145
4.3 CAN à bas débit (low speed CAN) de 10 à 125 kbit/s	157

4.4	Liaisons filaires CAN isolées	172
4.5	Liaisons filaires par courants porteurs	177
4.6	Répéteur	181
4.7	Passerelle de medium à medium	183
4.8	Support optique	184
4.9	Supports électromagnétiques	185
4.10	Pollutions et conformités EMC	187
<b>5 • Composants CAN, applications et outils</b>		<b>197</b>
5.1	Composants CAN	197
5.2	Applications	217
5.3	Couches applicatives et outils de développement pour CAN	232
<b>6 • Le CAN FD « CAN with flexible data rate »</b>		<b>245</b>
6.1	La situation sur le terrain en 2014	246
6.2	Les solutions possibles	246
6.3	Le CAN FD, l'exemple de migration douce	248
6.4	Description de la trame CAN FD	250
6.5	La réalité	259
6.6	Les composants pour le CAN FD	262
6.7	La normalisation	266
6.8	Attentes, certitudes, doutes concernant l'introduction du CAN FD	266
6.9	Outils de développement, de simulation et environnements de test pour CAN FD	268
<b>7 • LIN – Local Interconnect Network</b>		<b>277</b>
7.1	Introduction	277
7.2	Concept du protocole LIN 2.2A	279
7.3	Coût et marché	292
7.4	Conformité du LIN	292
7.5	Exemples de composants pour LIN 2.2A	295
<b>B</b>		
Protocoles <i>time triggered</i> TTCAN, FlexRay		
<b>8 • Les protocoles time triggered</b>		<b>305</b>
8.1	Quelques généralités	305
8.2	Aspects event triggered et time triggered	306
8.3	TTCAN - Time triggered communication on CAN	307

<b>9 • Hauts débits et systèmes redondants</b>		<b>311</b>
9.1	Hauts débits	311
9.2	X-by-Wire	311
9.3	Redondances	312
9.4	Des besoins applicatifs de haut niveau	313
9.5	TTP/C – Time triggered protocol	317
<b>10 • FlexRay</b>		<b>319</b>
10.1	La genèse	319
10.2	Le Consortium FlexRay	320
10.3	But de FlexRay	321
10.4	Protocole FlexRay	324
10.5	Couche physique de FlexRay	332
10.6	Saint-Chro, priez pour nous !	340
10.7	Architecture d'un nœud FlexRay	344
10.8	Composants électroniques FlexRay	346
10.9	Conclusion	350
<b>11 • Qui dit bus, dit fail safe SBC, dit passerelles...</b>		<b>353</b>
11.1	Le pourquoi SBC et les multiples aspects des fail safe SBC	354
11.2	La stratégie et philosophie du re-use	364
11.3	Gateways	365
<b>C</b>		
Protocoles audio-video Most, Ethernet		
<b>12 • Les réseaux et bus audio-vidéo</b>		<b>371</b>
12.1	Bus I2C	371
12.2	Bus D2B – Domestic digital bus	372
12.3	Bus MOST – Media oriented systems transport	374
12.4	Bus IEEE 1394 ou « FireWire »	380
<b>13 • Ethernet dans l'automobile</b>		<b>387</b>
13.1	Introduction	387
13.2	Les nouvelles applications automobiles	389
13.3	Les nouvelles requêtes techniques	389
13.4	Le choix d'Ethernet – un bon prétendant ?	398

13.5	Goulet d'étranglement d'Ethernet en automobile	403
13.6	Choix de la couche physique en automobile	403
13.7	Line code	415
13.8	Diagramme de l'œil	427
13.8	Le choix de Ethernet 100BASE TX IEEE 802.3u en automobile	429
13.10	Architecture de l'étage driver de ligne	432
13.11	Les composants électroniques (couche physique)	439
13.12	Les outils de développement et d'aide à la conception pour Ethernet	443

## **D**

### Safe-by-Wire Communications RF

<b>14</b>	<b>Safe-by-Wire</b>	<b>451</b>
14.1	Un peu d'histoire	451
14.2	Safe-By-Wire Plus, PSI 5	453
14.3	Un peu de technique	455
<b>15</b>	<b>Communication RF et mini-réseaux wireless</b>	<b>463</b>
15.1	Communications radiofréquences urbi	463
15.2	Communications radiofréquences orbi	466
15.3	Les wireless networks	475
<b>Conclusion</b>		<b>479</b>

## **E**

### Annexes

A.1	Le CiA – CAN in Automation	482
A.2	Les bibles	484
A.3	Les bonnes lectures	487
A.4	Les bonnes adresses	488

<b>Index</b>		<b>489</b>
--------------	--	------------

# RÉSEAUX DE COMMUNICATION POUR SYSTÈMES EMBARQUÉS

CAN, CAN FD, LIN, FlexRay, Ethernet...

Cet ouvrage décrit les différents types de réseaux multiplexés, aujourd'hui présents dans de multiples domaines industriels. Il se compose de **quatre parties** qui exposent leurs fondements, particularités, problèmes de mise en œuvre et manières de les résoudre :

- La première traite des protocoles de type « **event triggered** » comme le CAN, le CAN FD et le LIN.
- La deuxième décrit en détail les protocoles de type « **time triggered** » comme le TT CAN, le FlexRay.
- La troisième partie s'intéresse aux protocoles **audio-vidéo** tels que MOST et Ethernet.
- La quatrième partie couvre les **réseaux auxiliaires** tels que *Safe-by-Wire* et Communications RF.

2<sup>e</sup> ÉDITION

## Dominique Paret

ancien responsable du support technique chez NXP Semiconductors, est ingénieur consultant expert. Il enseigne également l'électronique et la RFID dans plusieurs écoles d'ingénieurs.

## Hassina Rebaine

est responsable formation chez Vector et intervenante dans diverses écoles d'ingénieurs et universités.

### POINTS FORTS

- ✓ Une démarche pédagogique pour comprendre les bases des techniques de commande.
- ✓ Une mise en évidence des complémentarités entre les différentes techniques.
- ✓ Une démarche pratique sur des exemples très concrets.

### CONTENU DE L'OUVRAGE

- CAN, CAN FD
- LIN
- TT CAN
- FlexRay
- MOST
- Ethernet
- Safe-by-Wire
- Communications RF

Cet ouvrage à été traduit en :



9 782100 706068

6975916  
ISBN 978-2-10-070606-8

Les actus



du savoir

