A CAN mint ipari kommunikációs protokoll

CAN as industrial communication protocol

Attila FODOR 1), Dénes FODOR Dr. 1), Károly Bíró Dr. 2), Loránd Szabó Dr. 2)

1) Pannon Egyetem, H-8200 Veszprém Egyetem u. 10. Tel.: +36 88 624461 Fax.: +36 88 624545
2) Kolozsvári Műszaki Egyetem, Box 358, RO-400750 Kolozsvár Tel.: +40 264 401827 +40 264 594921

Abstract: *A The aim of this article is to acquaint the reader with Controller Area Network (CAN) widely used in the industry. In industrial process control systems, modern cars and embedded devices they are in logical relationship and they have to use each other's data so that they could accomplish the higher level control functions. The CAN protocol is suitable for fulfill the above requirements.*

Abstract: *A cikk célja az iparban elterjedt Controller Area Network (CAN) hálózat megismertetése az olvasóval. Az ipari folyamatirányító rendszerekben, a modern gépkocsikban és a beágyazott elektronikus gépekbe kerülő eszközök egymással logikai kapcsolatban vannak, és fel kell használniuk egymás adatait, hogy magas szintű szabályozási funkciókat meg tudjanak valósítani. A gyors és hibamentes kommunikációt ehhez pedig a CAN nyújtja.*

Kulcsszavak: Controller Area Network

1. BEVEZETÉS

A mai ipari folyamatirányító rendszerek és a gépjárművek nagyszámú elektronikus vezérlő rendszert tartalmaznak. Ezek a vezérlőegységek önmagukban csak alacsony szinten képesek szabályozni, a bonyolultabb vezérlési funkciókat viszont csak a vezérlőegységek összehangolt működésével lehet megvalósítani. Ezen rendszerek funkcióinak bonyolultsága elkerülhetetlenné teszi a rendszerek elemei közötti adatcserét. A hagyományos rendszerekben az adatcsere dedikált adatvonalakon keresztül történik, de ezt a vezérlési funkciók bonyolultabbá válásával egyre nehezebb és drágább megvalósítani. A bonyolult vezérlőrendszerekben az összeköttetések száma tovább már nem volt növelhető. Egyre több olyan rendszert is kifejlesztettek a gépjárművek számára, amelyek több vezérlőeszköz együttműködését igényelték. (Motor vezérlése, menet-stabilizátor, automata sebességváltó, műszerfal-gombok.)

Ezért szükségessé vált a hagyományos pont-pont összekötésének lecserélése, amit úgy oldottak meg, hogy a rendszer elemeit egy soros buszrendszerre kötötték rá, így minden eszköz megkapja azt az információt, amit valamelyik eszköz elküld. Az addig használt soros buszrendszereknek viszont túl kicsi volt az átviteli sebességük, vagy a kommunikációs hibákat nem kezelték megfelelően. Mivel az autóipar számára nem volt megfelelő buszrendszer, ezért fejlesztette ki a Bosch a "Controller Area Network"-öt, amit szabványosítottak 1991-ben ISO 11898 lajstromszámon.

A járműiparban az elektronika növekedése egyrészt a felhasználó biztonsági és kényelmi igényeinek, másrészt a környezetvédelmi megfontolásoknak (károsanyag kibocsátás és üzemanyag fogyasztás csökkentése) köszönhető. Ilyen vezérlőeszközök lehetnek például a motorban, a sebességváltóban, a kormánynál, valamint a blokkolásgátló (ABS) és menet-stabilizátor (ESP) rendszerben. A kényelmet szolgáló eszközöknél pedig a klímánál, és az audiorendszernél. Jelenleg a CAN busz terheltsége néhány autótípusnál akkora, hogy szükséges lett 2 CAN buszt alkalmazni a gépjárművön belül!

Napjainkban az autóiparban szinte minden kommunikációs protokolt kiszorított a CAN busz. Az autóiparban elért térhódításával párhuzamosan megjelent a CAN busz az ipari kommunikáció területén a robosztussága és az alacsony költsége miatt.

Az ipari eszközökbe és a gépkocsikba kerülő új eszközök kifejlesztése és javítása egyaránt bonyolult feladat, mivel a berendezések egymással logikai kapcsolatban vannak, és felhasználják egymás adatait, amelyeket a CAN buszon keresztül küldenek el egymásnak. A CAN busz segítségével a modern gépkocsikhoz hasonló diagnosztika áll a mérnökök rendelkezésére, ha azt a felhasznált eszközök támogatják.

2. SZABVÁNYOSÍTÁS

Három évvel az első CAN vezérlő chip-ek megjelenése után, 1990-ben, a Bosch-féle CAN specifikációt nemzetközi szabványosításra nyújtották be. A különböző megoldások egységesítéséhez, valamint a CAN további technikai fejlődésének biztosításához szükség volt egy – felhasználókból és gyártókból álló – semleges platformra. 1992 márciusában hivatalosan is megalakult a CAN in Automation (CiA) nemzetközi felhasználói és gyártói csoport. A CiA munkája során leszűkítette a legalsó OSI réteg specifikációját vezeték, csatlakozó és transceiver ajánlásra, kidolgozta a CAL-t *(CAN Application Layer)*, amely az OSI modellhez képest a CAN-ből addig hiányzó alkalmazási réteget pótolja. Később olyan további CAN alkalmazási rétegek kidolgozásával foglalkoztak, mint a SDS *(Smart Distributed System)*, DeviceNet stb.

1993-ra megjelent az ISO *(International Standardisation Organisation)* 11898-as CAN szabvány, amely a protokoll 11 bites azonosítójú, standard formátumú üzenetein túl a fizikai réteget is definiálja, 1 Mbit/s-os átviteli sebességig.

Az üzenetek fajtáinak növekedésével szükségessé vált a 29 bites azonosítójú, kiterjesztett formátumú üzenetek specifikálása, amelyet az ISO 11898 kiegészítéseként rögzítettek 1995-ben. Így a 2.0-ás specifikáció az alábbi két fő fejezetből és egy függelékből áll:

- CAN 2.0 „A fejezet” (Part A): a standard formátumú üzeneteket definiálja (CAN Specification 1.2 alapján)
- CAN 2.0 „B fejezet” (Part B): a standard és a kiterjesztett formátumú üzeneteket specifikálja
- CAN 2.0 Függelék: útmutatást ad arra vonatkozóan, hogyan valósítsuk meg a CAN protokollt, hogy megfeleljen a szabvány A vagy B fejezetében leírtaknak.

Átdolgozott CAN specifikációk szabványosítása napjainkban is folyik:

- ISO 11898-1: a CAN adatkapcsolati rétegét írja le,
- ISO 11898-2: a CAN nagysebességű fizikai réteget definiálja,
- ISO 11898-3: a CAN alacsony sebességű, hibatűrő fizikai rétegét rögzíti.

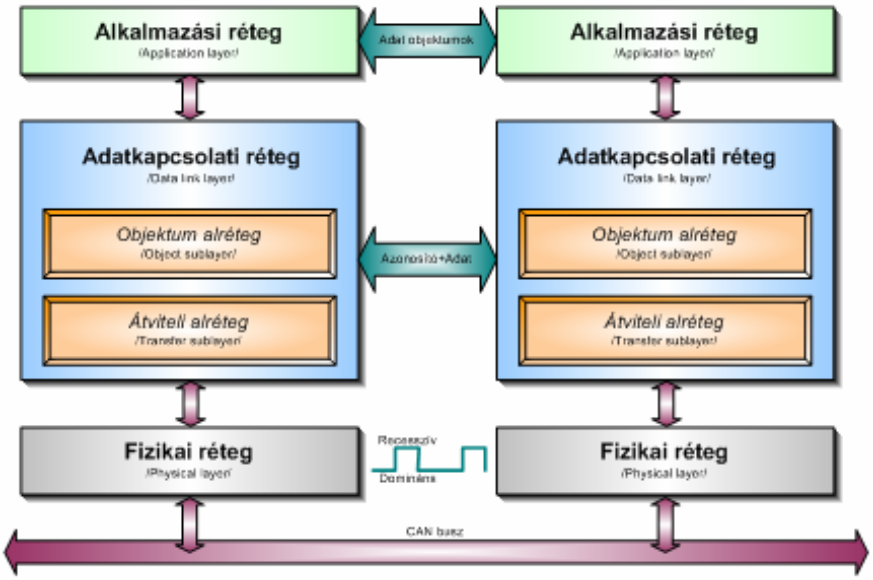
3. A CAN PROTOKOLL FELÉPÍTÉSE AZ OSI MODELL SZERINT

A CAN az ISO/OSI modell szerint különböző rétegekre (layer) osztható fel, a tervezés átláthatósága valamint a megvalósítás hatékonysága és rugalmassága érdekében.

A CAN protokoll a fizikai – és az adatkapcsolati réteget definiálja, amelyet kiegészíthetnek magasabb szintű protokollok. Ezeket az alkalmazási réteg írja le, amelyhez az adatkapcsolati réteg jelenti az interface-t.

Szolgáltatásait és funkcionalitását tekintve az objektum - és az átviteli alréteg megfelel az ISO/OSI modellben definiált adatkapcsolati rétegnek.

- Adatkapcsolati réteg
- Objektum alréteg:
  kiválasztja, hogy melyik üzenetet küldi el
  eldönti, hogy melyik fogadott üzenetet használja
  interfész az alkalmazási réteg felé
- Átviteli alréteg:
  keretek alkotása
  arbitráció végrehajtása
  hiba ellenőrzése, jelzése és megszüntetése
  eldönti, hogy vételi - vagy adási folyamat indul-e
- Fizikai réteg:
  a bitek továbbítása a csomópontok között
  a fizikai rétegeknek a hálózaton belül azonosaknak kell lenniük



1. ábra

CAN protokoll OSI modell szerinti felépítése

3.1 Adatkapcsolati réteg

A CAN buszon két különböző formátumú üzenet küldhető. Az üzenet formátumát az azonosító mező hossza dönti el. Ha az azonosító mező 11 bites, akkor az üzenetet *Standard formátumú üzenet*nek, ha viszont 29 bites, akkor *Kiterjesztett formátumú üzenet*nek nevezzük. Az előbbiből 2048 db, az utóbbiból 536870912 db különböző azonosítójú üzenet alkotható.

3.2 Üzenetek fajtái

A CAN buszon a következő üzenet típusokat különböztethetjük meg:

- Adathordozó üzenet (Data frame)
- Adatkérő üzenet (Remote frame)
- Hiba üzenet (Error frame)
- Túlcsordulás üzenet (Overload frame)

3.2.1 Adathordozó üzenet

Az adatframe feladata, hogy adatokat továbbítson a rendszerben lévő csomópontok között. A következő két ábra az adathordozó üzenet két formátumát mutatja.

- Standard formátum (2. ábra)
- Kiterjesztett formátum (3. ábra)

3.3.2 Adatkérő üzenet

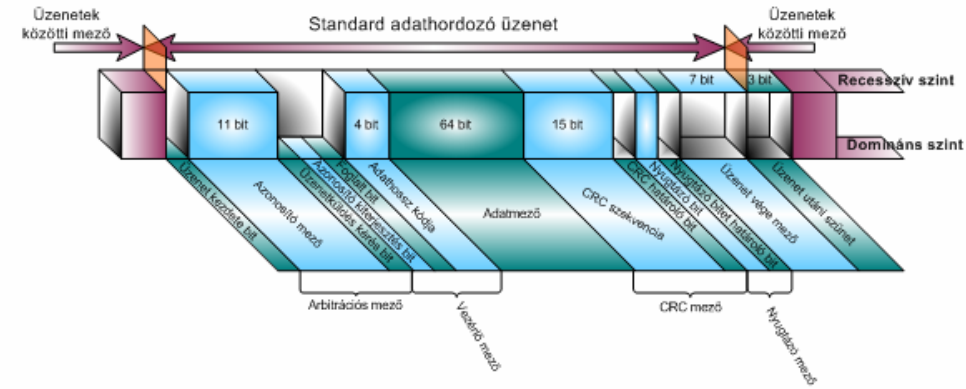
Ennek segítségével a csomópontok kezdeményezhetik, hogy egy másik csomópont küldjön nekik az adatkérő üzenet azonosítójával megegyező azonosítójú adathordozó üzenet.

Kétféle formátuma van:

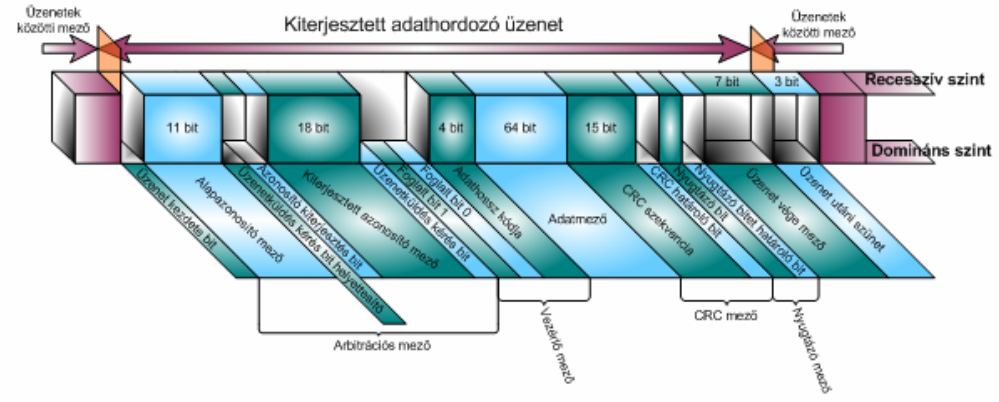
- Standard formátum
- Kiterjesztett formátum

Az adathordozó üzenetnek hasonló a struktúrája, mint az adatkérő üzenetnek. Annyi a különbség, hogy az adatkérő üzenet nem tartalmaz adatmezőt, az adathossz kód érteke bármekkora lehet 0 és 8 között, az üzenetküldés kérés bit pedig recesszív. Az utóbbi azt eredményezi, hogy ha egy adatkérő és egy adathordozó üzenetet a csomópontok egyszerre kezdenek el küldeni ugyanazzal az azonosítóval, akkor az adathordozó üzenet nyeri meg az arbitrációt, mivel neki domináns az

üzenetküldés kérés bitje. Így az a csomópont, amelyik az adatkérő üzenetet küldte, azonnal megkapja a kért üzenetet.



2. ábra
Standard formátumú adat frame



3. ábra
Kiterjesztett formátumú adat frame

3.3.3 Hibaüzenetek

Hibaüzenetet bármelyik csomópont generálhat, ha buszhibát észlel. A hibaüzenet két mezőből áll:

- Hibajelző mező:
  Két formátuma van, aktív és passzív. A hibajelző formátuma annak a csomópontnak az állapotától függ, amelyik generálja a hibaüzenetet.
- Hibahatároló mező:
  A hibajelző mezőt követi. 8 recesszív bitből áll, megengedve ezzel, hogy a csomópontok újra kezdhessék a kommunikációt a buszon a hiba után.

Ha a csomópont „hiba aktív” állapotban van, és hibát észlel, akkor megszakítja az éppen aktuális üzenet továbbítását, és generál egy aktív hibaüzenetet. Az aktív hibaüzenet mező két tagból áll:

- Aktívhiba jelzőből, mely 6 egymáskövető domináns bitből áll.
- Aktívhiba jelzők szuperpozíciója, mely legfeljebb 6 egymáskövető domináns bitből állhat, amely más csomópontok által küldött aktívhiba jelzők átlapolódásából tevődik össze

Az aktív hibaüzenet minden csomópont érzékeli, majd megkezdi a saját hibaüzenetének küldését, amelyek átlapolódásából az aktívhiba jelzők szuperpozíciójának tagja áll össze. Végül a hibaüzenetet a hibahatároló zárja le 8 egymáskövető recesszív bittel. A hibaüzenet végén a busz ismét

kész adathordozó üzenetek továbbítására, és az a csomópont, amelyik megszakította az üzenet küldését, megkísérelheti az el nem küldött üzenet újraküldését.

3.3.4 Túlcsordulás üzenet

A túlcsordulás üzenetnek ugyanolyan formátuma van, mint az aktív hibaüzenetnek. Két esetben küld egy csomópont túlcsordulás üzenetet:

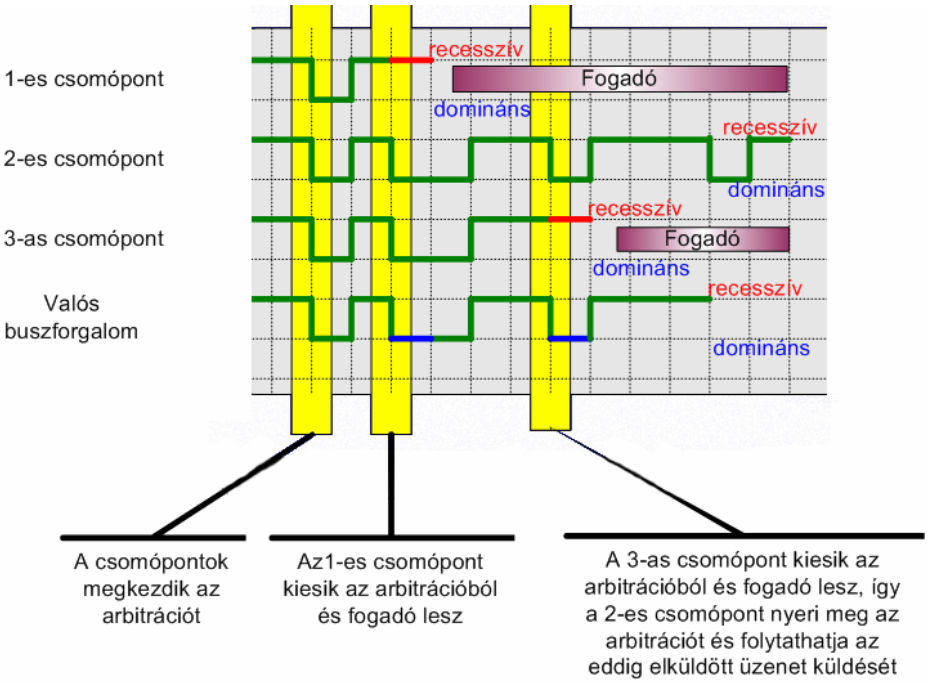
- Ha a fogadó-csomópont késleltetni akarja a következő üzenet fogadását
- Ha a fogadó-csomópont az üzenet közötti mezőben domináns bitet érzékel

Így „hiba aktív” állapotban lévő fogadó-csomópontok küldik, abban az esetben, ha a csomópont nem kész a következő üzenet fogadására. A túlcsordulás üzenetből maximum két egymásközető üzenetet lehet elküldeni csakis az üzenet utáni szünetben. A túlcsordulás üzenet két mezőből áll:

- Túlcsordulás mező:
  Ez a túlcsordulás jelzővel kezdődik, amely 6 domináns bitből áll. Ezt követi a 6 domináns bitből álló túlcsordulás jelzők szuperpozíciója, amely a többi csomópont által generált túlcsordulás üzenetek, átlapolódásából adódik össze. Hasonlóan az aktív hibaüzenethez.
- Túlcsordulás határoló:
  Ez a tag 8 recesszív bitből áll, és a túlcsordulás üzenetet zárja le.

4. Buszért való versengés, arbitráció (Arbitration)

Az adatok valós idejű feldolgozásához elengedhetetlen, hogy nagyon gyorsan továbbítsuk az üzeneteket. Ehhez nem csak egy nagysebességű fizikai adatút szükséges, hanem gyors buszallokálás is, főleg amikor több csomópont akarja egyszerre megszerezni a buszt.



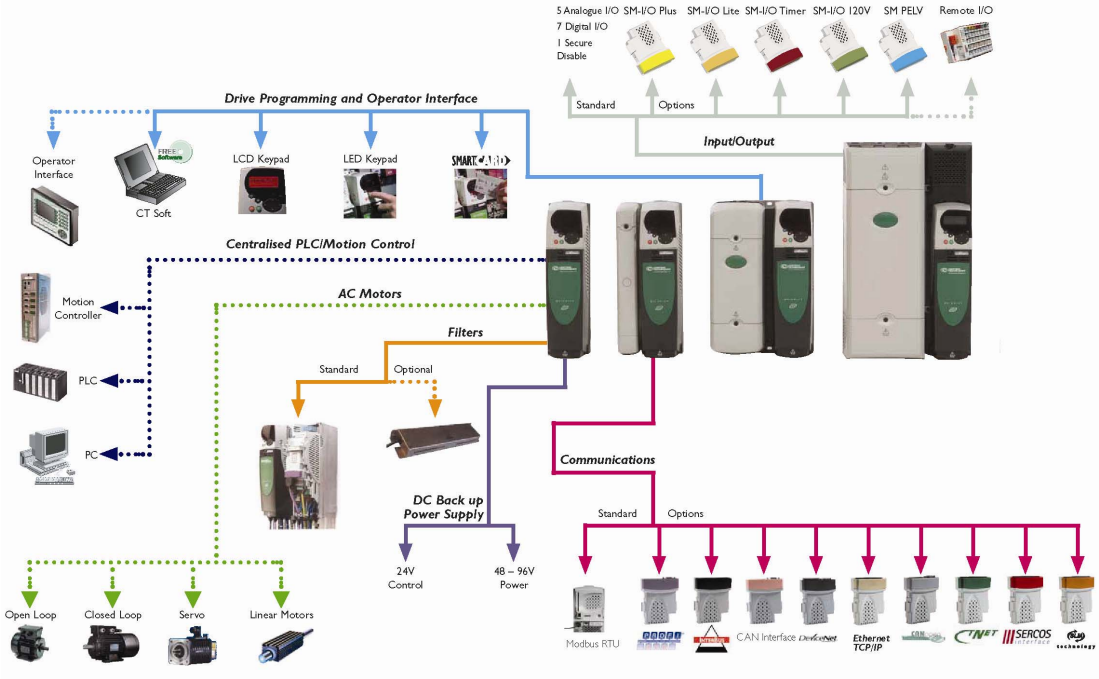
4. ábra
Az arbitáció folyamata 3 csomópont esetén.

A CAN protokoll a buszhozzáféréskor az ütközéseket bitenkénti arbitrációval küszöböli ki. Azaz minden csomópont bitről bitre figyeli a buszt. A „huzalozott ÉS” logika mechanizmusának megfelelően a domináns szint a logikai 0-nak a recesszív szint a logikai 1-nek felel meg. A domináns bit felülírja a recesszív bitet, de ez fordítva nem teljesül. Az arbitráció folyamata (4 ábra), akkor indul el, ha a busz szabad lesz (Szabad busz mező). Minden olyan csomópont, amely recesszív bitet küld, és domináns bitet vesz a buszról, elveszti az arbitrációt. Azok a csomópontok, amelyek elvesztik az arbitrációt, megszakítják a saját üzenetük küldését, és automatikusan fogadóivá válnak annak az

üzenetnek, amelynek a legnagyobb a prioritása a buszért való versenyben. A megszakított üzenetek újraküldését addig nem kezdhetik meg a csomópontok, amíg a busz szabad nem lesz. A prioritásokat már a rendszer tervezésekor meg kell határozni, mivel ezután már nem lehet dinamikusan változtatni. A prioritást az üzenet azonosítója határozza meg, oly módon, hogy az minél kisebb szám, annál nagyobb az üzenet prioritása.

ÖSSZEFOGLALÁS

A járművek buszrendszereinek és az ipari terepbusz rendszereknek az összehasonlítása sok azonosságot mutat. Fontos követelmény az alacsony költség, az elektromágneses zajjal terhelt környezetben való működés, a valósidejű működés és az egyszerű használat. A mezőgazdaságigép-gyártók, hajógyárak vezették be elsőként a CAN-t a személygépjármű gyártókat követően, utána pedig megjelent az orvosi eszközökben, textilgyártásban és a liftek vezérlésében is. Jól használható a gépekben vagy gyárakban az "intelligens" I/O eszközök és az érzékelők/beavatkozók hálózatba kapcsolására is. Napjainkban az összes nagy PLC gyártó kínálatából kiválaszthatóak olyan típusok, amelyek a CAN buszra csatlakoztathatók.



5. ábra

Modern frekvenciaváltócsalád és a hozzá csatlakoztatható modulok

Az adatátvitel megbízhatóságán túl az állomásokra eső alacsony kapcsolati költség is jelentős érv a CAN használata mellett. Mivel napjainkban sok gyártó van jelen a piacon különböző CAN vezérlőáramkörökkel, ezért olyan alkalmazásokban is felhasználható a CAN busz, ahol a költség kritikus tényező. A kompakt vezérlőchipek előnyösen használhatók fel például a kisfeszültségű kapcsoló-berendezésekben.

IRODALOM

ROBERT BOSCH GmbH (1991). *CAN Specification 2.0.* Robert Bosch GmbH, Stuttgart

ETSCHBERGER, K. (2001). *Controller Area Network.* IXXAT Press, Weingarten

FARSI, M. and BARBOSA, M. (2000). *CANopen Implementation: applications to industrial networks.* Research Studies Press Ltd., Baldock

ISO-WD 11898-1,2,3 (1999). *Road vehicles – Controller area network (CAN) – Part 1,2,3: Data link layer and physical signalling.*

[5] LAWRENCE, W. (1997). *CAN System Engineering From Theory to Practical Applications.* Springer-Verlag, New York