



Hochschule Karlsruhe
Technik und Wirtschaft
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Näher dran.



Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft
Fakultät für Maschinenbau und Mechatronik

Weiterentwicklung eines Demonstrators für Fahrerassistenzsysteme und Implementierung einer Querführung

Thesis
zur Erlangung des Grades
Master of Science (M. Sc.)

Christof Kary
geb. am 05.04.1993
in Rastatt
Matrikel-Nr.: 58516

Betreuer der Hochschule Karlsruhe
Herr Prof. Dr.-Ing. Ferdinand Olawsky

Betreuer am Arbeitsplatz
Herr Dipl.-Ing. (FH) Arthur Kessler

Flacht, 1. April 2018 bis 30. September 2018

Aufgabenbeschreibung

Eidesstattliche Erklärung

Der Verfasser erklärt, dass er die vorliegende Arbeit selbständig, ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt hat. Die aus fremden Quellen (einschließlich elektronischer Quellen) direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind ausnahmslos als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit ist in gleicher oder ähnlicher Form oder auszugsweise im Rahmen einer anderen Prüfung noch nicht vorgelegt worden.

Flacht, den 1. Juni 2018

Christof Kary

Vorwort

Danksagung

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Kurzfassung

Titel der Arbeit in deutscher Sprache

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Abstract

Titel der Arbeit in englischer Sprache

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Abkürzungsverzeichnis

Kurzform	Bedeutung
μ C	Mikrocontroller
Bus	Binary Utility System
CAN	Controller Area Network
ECU	Electronic Control Unit
ISO	International Organization for Standardization
LIN	Local Interconnect Network
MOST	Media Oriented Systems Transport
OSI	Open System Interconnection
SG	Steuergerät

Nomenklatur

Zeichen	Einheit	Dimension
ϑ	C	Temperatur
ϱ	kg/m ³	Dichte
p	N/m ²	Druck

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	I
Abstract	III
Abkürzungsverzeichnis	V
Nomenklatur	VII
1. Einleitung	1
1.1. Motivation	1
1.2. Zielsetzung der Arbeit	2
2. Grundlagen	5
2.1. Autonomes Fahren	5
2.1.1. Überblick Fahrerassistenzsysteme	5
2.1.2. Autonomiestufen	5
2.2. Bussysteme	6
2.2.1. Kommunikationsmodell	8
2.2.2. Controller Area Network CAN	9
2.2.3. CAN-Protokoll: Physical Layer	9
2.2.4. CAN-Protokoll: Data Link Layer	10
2.3. Hilfsmittel	11
3. Ausgangssituation	13
3.1. Hardware	13
3.2. Software	13
3.3. Sensorik	14
4. Diagnosesystem	15
4.1. Konzept zur Fehlerdiagnose	15
4.2. Aufbau einer Diagnosekommunikation	15
4.3. Implementierung der Diagnosefunktion	15
4.4. Ergebnisbetrachtung	15
4.4.1. Test und Validierung	15

4.4.2. Mehrwert der Diagnosefunktion	15
5. Dynamische Längs- und Querregelung	17
5.1. Umsetzung des Fahralgorithmus	17
5.2. Kritische Analyse der implementierten Algorithmen	17
5.3. Optimierung der Regelung	17
5.4. Implementierung der optimierten Spurregelung	17
5.5. Ergebnisbetrachtung	17
5.5.1. Test und Validierung	17
5.5.2. Mehrwert der optimierten Spurregelung	17
6. Zusammenfassung und Ausblick	19
6.1. Zusammenfassung	19
6.2. Ausblick	20
Tabellenverzeichnis	23
Abbildungsverzeichnis	25
Literaturverzeichnis	27
A. Anhang	29
A.1. Anhang 1	29
A.2. Anhang 2	29

1. Einleitung

1.1. Motivation

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea

1. Einleitung

dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

1.2. Zielsetzung der Arbeit

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend

1.2. Zielsetzung der Arbeit

consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

2. Grundlagen

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

2.1. Autonomes Fahren

2.1.1. Überblick Fahrerassistenzsysteme

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

2.1.2. Autonomiestufen

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero,

2. Grundlagen

nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

2.2. Bussysteme

Die rasante Zunahme an elektronischen Systemen und *Steuergeräten* SG (englisch *Electronic Control Unit* ECU) in den letzten Jahrzehnten machten einen geregelten Datenaustausch in der Fahrzeugtechnik unerlässlich. Stetig steigende Anforderungen an Fahr-sicherheit, Motorsteuerung und Komfortsysteme erforderten zwingend einen sicheren und schnellen Informationsfluss zwischen den kommunizierenden Steuergeräten, sodass ein verteiltes und vernetztes Gesamtsystem entstand. Alle für eine jeweilige Funktion benötigten Daten konnten systemweit zur Verfügung gestellt werden. Aus dem zunehmenden Elektrifizierungsgrad ergaben sich heutige moderne Elektronikarchitekturen im Kfz in Form von seriellen Bussystemen. Das Akronym Bus stammt [12] nach von *Binary Utility System*, was auf ein drahtgebundenes Übertragungsmedium mit Anschluss an alle Systemkomponenten hinweist. Es werden komplexe Datenmengen über einzelne Leitungen bitweise übertragen, wodurch sich eine Vielzahl an Vorteilen ergibt: Der Verkabelungsaufwand sämtlicher elektrischer Leitungen wird minimiert, wodurch sich die Kosten, das Gewicht und die Fehleranfälligkeit reduzieren. Zudem wird eine Mehrfachnutzung von Informationen möglich, was die Anzahl der verbauten Sensoren senkt. Eine Diagnosefunktion wird umsetzbar und das Gesamtsystem ist flexibel für Änderungen und Erweiterungen. Die Kommunikation innerhalb eines Gesamtsystems, welches aus mehreren miteinander verknüpften Bussystemen bestehen kann, wird als *On-Board-Kommunikation* bezeichnet. Um eine übergeordnete Datenkommunikation einzelner Vernetzungsbereiche und Netzwerke zu erhalten, müssen die einzelnen Bussysteme mit unterschiedlichen Protokollen physikalisch und logisch miteinander verbunden werden. Diese Funktion wird von einem *Gateway* übernommen. Ein Gateway stellt sämtliche Daten netzwerkübergreifend zur Verfügung. Dabei kann die Funktion entweder in bereits vorhandene Steuergeräte integriert werden oder es kommen eigene zentrale oder dezentrale Gateway-Steuergeräte zum Einsatz. Bei einer *Off-Board-Kommunikation* stellt ein Gateway die Verbindung zwischen dem geschlossenen Gesamtnetz im Fahrzeug zu einem externen Gerät her.

Heute standardisierte und gängige Datenkommunikationssysteme sind in Tabelle 2.1 aufgeführt [13]. Auf die zur Anwendung wichtigste Form der Buskommunikation, dem *CAN-Bus*, wird an späterer Stelle näher eingegangen.

Neben dem heutzutage am häufigsten eingesetzten Bussystem (vgl. Unterabschnitt 2.2.2) haben sich aufgrund der speziellen Anwendungsfälle und der Eigenentwicklung unterschiedlichster Hersteller, vor allem aber zur Kostenreduzierung, weitere Systeme etabliert. Die kostengünstige Variante zur seriellen Datenübertragung *Local Interconnect Network* LIN weist eine vergleichsweise geringe Datenrate auf und wird daher mittlerweile lediglich in der Komfortelektronik als Kommunikationsschnittstelle zwischen Sensorik und Aktorik verbaut. Da als physikalisches Übertragungsmedium nur eine Eindrahtleitung zum Einsatz kommt, ist das Netzwerk relativ störanfällig, was eine Verwendung in sicherheitsrelevanten Bereichen ausschließt. Eine deutlich höhere Ausfallsicherheit, aber zugleich signifikant teurere Datenübertragung liefert der sog. *FlexRay*. Aufgrund der hohen Datenraten von bis zu 10 Mbit/s bietet dieses deterministische Feldbussystem ein hohes Potential für zeit- und sicherheitskritische Anwendungsfälle [Vector Homepage]. Für Multimediaanwendungen im Automobilbereich hat sich der *Media Oriented Systems Transport* MOST-Bus etabliert, der als Übertragungsmedium Lichtwellenleiter verwendet und damit sehr hohe Bitraten von bis zu 150 Mbit/s ermöglicht. Ein MOST-Netzwerk ist in der Regel als Ringtopologie aufgebaut und liefert daher eine lediglich geringe Ausfallsicherheit [8].

Tabelle 2.1.: Klassifikation serieller Bussysteme

Bussystem	Typische Anwendung	Maximale Datenrate	Übertragungsmedium	Sicherheitsanforderung
LIN	Komfort, Karosserie	20 kbit/s	Eindrahtleitung	gering
CAN (Low Speed)	Komfort, Karosserie	125 kbit/s	Verdrillte Zweidrahtleitung	hoch
CAN (High Speed)	Antrieb, Fahrwerk, Diagnose	1 Mbit/s	Verdrillte Zweidrahtleitung	hoch
FlexRay	Fahrwerk, X by Wire	10 Mbit/s	Verdrillte Zweidrahtleitung	sehr hoch
MOST	Infotainment	150 Mbit/s	Lichtwellenleiter	gering

2. Grundlagen

2.2.1. Kommunikationsmodell

Um einen reibungslosen und nachvollziehbaren Datenaustausch zu gewährleisten, mussten mit dem Einzug der Bussysteme in der Automobilentwicklung auch einheitliche, herstellerübergreifende Kommunikationsstrukturen eingeführt werden. 1983 wurde der gesamte Datentransfer in einem Datennetz von der *International Organization for Standardization* ISO in sieben einzelne *Layer* (Schichten) unterteilt und die komplexe Kommunikationshierarchie beschrieben. Durch das in *ISO/IEC 7498-1* festgehaltene *Open System Interconnection* OSI-Schichtenmodell kann eine standardisierte und herstellerübergreifende Kommunikation im gesamten Busnetzwerk erzielt werden [14]. Das OSI-Schichtenmodell wird in Tabelle 2.2 beschrieben. Für die Automobilindustrie und für Kfz-Anwendungen sind die grau hinterlegten Schichten noch nicht relevant. Wichtig sind vor allem die beiden untersten Layer *Physical* und *Data Link*. Diese Schichten werden an späterer Stelle genauer beschrieben.

Tabelle 2.2.: Zusammenfassung des OSI-Schichtenmodells aufgeteilt in Layer, Schicht und Funktionen

Layer	Schicht	Funktion
7	Application	Anwendung
6	Presentation	Darstellung
5	Session	Sitzungssteuerung
4	Transport	Datentransport
3	Network	Vermittlung
2	Data Link	Datensicherung
1	Physical	Bitübertragung

2.2.2. Controller Area Network CAN

Das Bussystem *Controller Area Network* CAN wurde erstmals in den 1980er Jahren von der *Robert Bosch GmbH* präsentiert und gilt seit 1994 als offener Industriestandard. Mit der ISO-Norm *ISO 11898* wurde die CAN-Spezifikation international vereinheitlicht. Heute stellt CAN durch seine hohe Datenübertragungsrate und der geringen Fehleranfälligkeit die am weitesten verbreitete Kommunikationsspezifikation in der Automobilindustrie dar, kommt jedoch auch häufig in industriellen Anwendungen zum Einsatz. Aufgrund der daraus resultierenden hohen Stückzahlen an CAN-Controllern ergibt sich ein stetig sinkender Stückpreis für die zugehörigen Steuergeräte, was als weitere Stärke dieses Bussystems zu zählen ist. Die Steuergeräte, oder auch *Bus-Knoten* bezeichnet, sind in einem CAN-Netzwerk üblicherweise in Form einer Linientopologie nach der *Multi-Master*-Architektur miteinander verbunden. Jeder Knoten ist berechtigt, den Datentransfer auf dem Bus ereignisgesteuert anzustoßen [15] [16].

2.2.3. CAN-Protokoll: Physical Layer

Die unterste Schicht im OSI-Modell beschreibt die physikalische Busan Kopplung. Das Übertragungsmedium des CAN-Busses wird in den häufigsten Fällen als verdrehte Zweidrahtleitung, als sog. *Twisted-Pair-Leitung*, ausgeführt, wodurch sich die magnetischen Felder der beiden Leitungen weitestgehend gegenseitig neutralisieren. Eine hohe Datenrate und Busauslastung können zu Reflexionen im Bussystem führen. Um diesen unerwünschten Effekt zu minimieren, müssen die Enden der Busleitung mit einem Abschlusswiderstand versehen werden. Neben der physikalischen Busleitung kommen hardwareseitig weitere Bauteile wie der *Mikrocontroller* (μC), der CAN-Controller und der CAN-Transceiver zum Einsatz. Der Mikrocontroller verarbeitet die Kommunikationsdienste der höheren OSI-Schichten in der Kommunikationssoftware. Die grundlegenden Funktionen sind hingegen in den restlichen Bauteilen implementiert. Der CAN-Controller wickelt das Protokoll ab, während der Transceiver die physikalische Verbindung zum Übertragungsmedium herstellt. Der prinzipielle Aufbau eines CAN-Netzwerks wird in Abbildung 2.1 verdeutlicht.

Die physikalische Signalübertragung in einem CAN-Netzwerk basiert auf der Übertragung von Spannungsdifferenzen zwischen der *CAN-High*-Leitung (CANH) und der *CAN-Low*-Leitung (CANL). Wie in Tabelle 2-1 dargestellt, unterscheidet die ISO-Norm zwischen dem *Low-Speed-CAN* (Class B) und dem *High-Speed-CAN* (Class C). Der Low-Speed-CAN zeichnet sich durch seine auf 125 kbit/s begrenzte Datenrate aus. Dadurch findet er häufig in Komfortsystemen wie Klimasteuergeräten Anwendung. Die Signale werden über nominelle Potentiale auf dem Bus übertragen. Beim High-Speed-CAN hingegen werden differentielle Potentiale verwendet. Dieser besitzt eine maximale Datenrate

2. Grundlagen

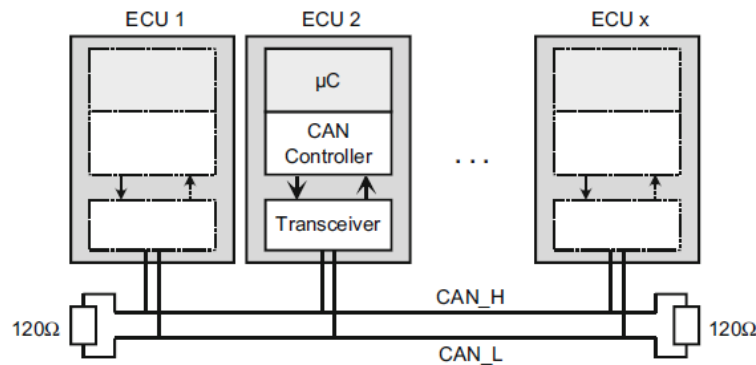


Abbildung 2.1.: CAN-Netzwerk: Ein einzelner CAN-Knoten besteht aus einem Mikrocontroller, einem CAN-Controller und einem CAN-Transceiver. Der Abschlusswiderstand unterdrückt Busreflexionen [10].

von bis zu 1 Mbit/s und eignet sich daher für zeitkritische Anwendungen wie Antriebs- und Fahrdynamikregelung. Die unterschiedlichen Signalpegel werden in Abbildung 2.2 erläutert. Aufgrund der Busankopplung ermöglicht der Low-Speed-CAN zusätzliche Mechanismen zur Fehlererkennung. Bei Ausfall einer Leitung bleibt er betriebsfähig und gilt daher gegenüber dem High-Speed-CAN als fehlertoleranter [16] [17].

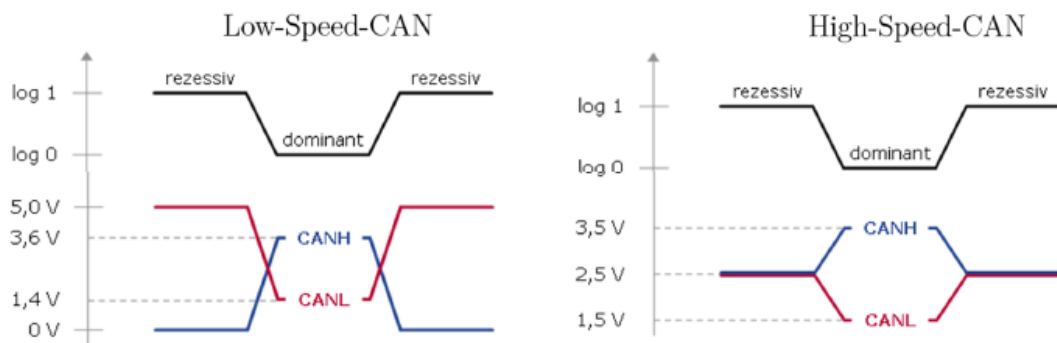


Abbildung 2.2.: Signalpegel Low-Speed-CAN (links) und High-Speed-CAN (rechts) [17].

2.2.4. CAN-Protokoll: Data Link Layer

Der *Data Link Layer* beschreibt das Zugriffsverfahren und den strukturellen Aufbau eines CAN-Frames. Unter einem Frame versteht man den gesamten Datenrahmen, der in einer einzelnen Botschaft über den CAN-Bus übermittelt wird. Zwischen den Begriffen Frame, Botschaft und Nachricht wird nachfolgend keine Unterscheidung getroffen. Das

Botschaftenformat eines Frames ist in Abbildung 2.3 dargestellt [17]. Die einzelnen Komponenten eines Frames und deren Aufgaben werden nachstehend näher erklärt.

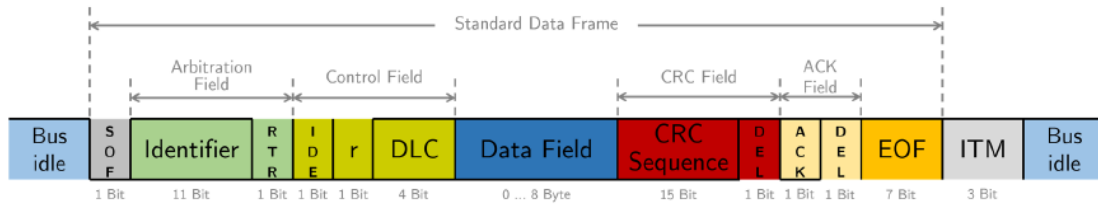


Abbildung 2.3.: Aufbau des Standard CAN Data-Frames [17].

Tabelle 2.3.: Funktionen der einzelnen Felder im Data-Frame [15, 16].

Feld	Name	Länge	Funktion
kein Feld	SOF	1 Bit	Der <i>Start of Frame</i> kennzeichnet den Beginn einer Botschaft. Außerdem dient er der Netzwerksynchronisation, indem er immer dominant übertragen wird
Arbitration Field	Identifier	11 Bits	Er legt die Priorität der Botschaft fest und kennzeichnet für welche Knoten die Botschaft wichtig ist

2.3. Hilfsmittel

3. Ausgangssituation

3.1. Hardware

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

3.2. Software

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

3. Ausgangssituation

3.3. Sensorik

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

4. Diagnosesystem

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

4.1. Konzept zur Fehlerdiagnose

4.2. Aufbau einer Diagnosekommunikation

4.3. Implementierung der Diagnosefunktion

4.4. Ergebnisbetrachtung

4.4.1. Test und Validierung

4.4.2. Mehrwert der Diagnosefunktion

5. Dynamische Längs- und Querregelung

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

5.1. Umsetzung des Fahralgorithmus

5.2. Kritische Analyse der implementierten Algorithmen

5.3. Optimierung der Regelung

5.4. Implementierung der optimierten Spurregelung

5.5. Ergebnisbetrachtung

5.5.1. Test und Validierung

5.5.2. Mehrwert der optimierten Spurregelung

6. Zusammenfassung und Ausblick

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

6.1. Zusammenfassung

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

6.2. Ausblick

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante.

Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Tabellenverzeichnis

2.1. Klassifikation serieller Bussysteme	7
2.2. Zusammenfassung des OSI-Schichtenmodells aufgeteilt in Layer, Schicht und Funktionen	8
2.3. Funktionen der einzelnen Felder im Data-Frame [15, 16].	11

Abbildungsverzeichnis

2.1. CAN-Netzwerk	10
2.2. CAN-Signalpegel	10
2.3. CAN-Signalpegel	11

Literaturverzeichnis

A. Anhang

A.1. Anhang 1

A.2. Anhang 2