

Literaturverzeichnis

A24-27: Demonstrator für einen Schrittmotor

Theilmann; Grönke; Stein; Hanneken; ter Veen

22. Juni 2024

1 Detailliertes Literaturverzeichnis

2 Quellen

Detailliertes Literaturverzeichnis

Advanced Monolithic System (2024): I

Advanced Monolithic Systems

AMS1117

800mA LOW DROPOUT VOLTAGE REGULATOR

FEATURES

- Three Terminal Adjustable or Fixed Voltages¹
- 1.0V, 1.8V, 2.5V, 3.3V, 3.0V and 5.0V
- Output Current of 800mA
- Operate Down to 1V Dropout
- Line Regulation 0.2% Max.
- Load Regulation 0.1% Max.
- NOT-223 and TO-252 package available

GENERAL DESCRIPTION

The AMS1117 series of adjustable and fixed-voltage regulators are designed to provide 800mA output current and to operate down to 1V input-to-output differential. The dropout voltage of the device is guaranteed maximum 1.2V at maximum output current, decreasing at lower load currents.

On-chip trimming adjusts the reference voltage to 1%. Current limit is also trimmed, minimizing the stress under overload conditions on both the regulator and power source circuitry.

The AMS1117 device is pin-compatible with other three-terminal SMD regulators and are offered in the low profile surface mount SOT-223 package and in the TO-252 (DFN) plastic package.

ORDERING INFORMATION:

PACKAGE TYPE	OPERATING JUNCTION TEMPERATURE RANGE
TO-252	NOT-223
AMS1117CD	AMS1117
AMS1117CD-1	AMS1117-1
AMS1117CD-1.8	AMS1117-1.8
AMS1117CD-2.5	AMS1117-2.5
AMS1117CD-3.3	AMS1117-3.3
AMS1117CD-3.0	AMS1117-3.0
AMS1117CD-5.0	AMS1117-5.0

¹For additional available fixed-voltage contact factory.

PIN CONNECTIONS

FIXED VERSION

1- Ground
2- V_{OUT}
3- V_{IN}

ADJUSTABLE VERSION

1- Adjust
2- V_{OUT}
3- V_{IN}

TO-252 Pin View

SOT-223 Pin View

Advanced Monolithic Systems, Inc. 60800 Sierra Lane, Dublin, CA 94568 Phone (925) 556-9999 Fax (925) 556-9140

Internetdokumentation. AMS1117 ADMOS — Alldatasheet. 800mA LOW DRO- POUT VOLTAGE REGULATOR. Online verfügbar unter <http://www.advanced-monolithic.com/pdf/ds1117.pdf>, zuletzt aktualisiert am 2024, zuletzt geprüft am 11.04.2024.

Kurzfassung: Das Datenblatt für den Span- nungswandler AMS1117. Alle notwendigen Angaben, wie minimal/maximal Eingangs- zu Ausgangsspannung und Ausgangsstrom sind angegeben. Darüber hinaus sind noch viele weitere Informationen angegeben, wie z.B. Pin-Belegung, Temperaturverhalten, usw.

Schlagwörter: 3.3 V; 5 V; ALLDATASHEET; ARCHIVE; CATALOG; CHP; DATABOOK; Datasheet; ELECTRONIC COMPONENT; IC; ISO COMPONENT; PDF; PDF DATASHEET; SEMICONDUCTOR;

4/62

Advanced Monolithic System (2024): II

TRANSISTOR **Bewertung:** Das Datenblatt bietet alle notwendigen Angaben, welche benötigt werden. Optimal wäre noch ein zusätzlich Datenblatt in deutscher Übersetzung gewesen.

Allegro (2022): I



A4988

DMOS Microstepping Driver
with Translator and Overcurrent Protection

FEATURES AND BENEFITS

- Low $R_{DS(on)}$ output
- Automatic current decay mode detection/selection
- Micro and slow current decay modes
- Synchronous rectification for low power dissipation
- Internal UVLO
- Current-limit current protection
- 3.3 and 5 V compatible logic supply
- Thermal shutdown circuitry
- Short-to-ground protection
- Shorted load protection
- Five selectable step modes: full, 1/2, 1/4, 1/8, and 1/16

PACKAGE:

28-lead QFN
with exposed thermal pad
Pmax = 1.5 W (at 100 mm/s)
(1.1 package)



Not to scale

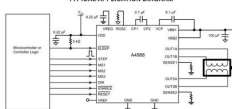
DESCRIPTION

The A4988 is a complete microstepping motor driver with built-in translator for easy operation. It is designed to operate bipolar stepper motors in full-, half-, quarter-, eighth-, and sixteenth-step modes, with an output drive capacity of up to 1.5 A and 35 V. The A4988 includes a fault-off-time current regulator which has the ability to operate in slow or rapid decay modes.

The translator is the key to the easy implementation of the A4988. Simply inputting one pulse on the STEP input drives the motor one microstep. There are no phase sequence tables, high-frequency control lines, or complex interfaces to program. The A4988 interface is an ideal fit for applications where a complex microstepping is undesirable or is cost-prohibitive.

Continued on the next page...

TYPICAL APPLICATION DIAGRAM



A4988-DC Rev. B
MICROSYSTEMS

April 5, 2022

Internetdokumentation.

A4988-

Datasheet. Online verfügbar unter <https://www.allegromicro.com>, zuletzt aktualisiert am 2022, zuletzt geprüft am 08.04.2024.

Kurzfassung: Datenblatt für die Schrittmotorsteuerung A4988. Es sind viele wichtige Informationen zur Inbetriebnahme des Schrittmotors angegeben: Die Logic Strom Versorgung ist mit 3.3 und 5 V möglich, 5 Schritt-Modis (step modes), Last-Versorgungsspannung mit bis zu 35 V und die Pin-Belegung.

Schlagwörter: 5 step modes; A4988; Motorsteuerung; Pin-Belegung; Schrittmotorsteuerung; Treiber

Bewertung: Das Datenblatt beinhaltet alle notwendigen Informationen für eine korrekte Inbetriebnahme.

Arduino (2024): I



Arduino: Nano 33 BLE Sense

Product Reference Manual
SKU: A400003



Description

Nano 33 BLE Sense is a miniature sized module containing a NINA-B001 module, based on Nordic nRF52402 and containing a Cortex M0+, a power chip which can securely store credentials and a piezoed type and a 4-axis IMU. The module can either be mounted as a DIP component (after inserting pin headers), or as a SMT component, directly soldering it via the castellated pads.

Target areas:

Maker, enhancements, IoT application

1/18

Arduino: Nano 33 BLE Sense

Revised: 23/02/2024

Internetdokumentation. ABX00031-
Datasheet zuletzt aktualisiert am 2024.

Kurzfassung: Eine detailliertes aber gut verständliches Handbuch zum Arduino Nano 33 BLE Sense. Mithilfe des Handbuches kann der Mikrocontroller fachgerecht in ein System integriert werden. Es wird außerdem ein kurzer Überblick aller im Arduino integrierten Sensoren gegeben.

Schlagwörter: Arduino; Arduino Nano 33 BLE Sense; Mikrocontroller; nicht 5 V verträglich; NRF52 Series; Pin-Belegung; Sensorik

Arduino (2024): II

Bewertung: Das Handbuch ist gut geeignet, um einen Überblick der Funktionen des Arduinos zu bekommen und es zu verdrahten. Jedoch sind die Funktionen der Sensoren und Peripherie-Geräte relativ kurz gehalten.

Arduino IDE Dokumentation (2024) Mehrere Einträge: I



Arduino IDE 2.3.2

- **Downloads. Arduino IDE 2.3.2:** Hg. v. Arduino.
<https://www.arduino.cc/en/software>. Online verfügbar unter <https://www.arduino.cc/en/software>, zuletzt geprüft am 12.04.2024.
- **Installing a Board Package in the IDE 2:** Hg. v. Arduino. Online verfügbar unter <https://docs.arduino.cc/software/ide-v2/tutorials/ide-v2-board-manager>., zuletzt aktualisiert am 16.04.2024, zuletzt geprüft am 13.06.2024.
- **Installing Libraries:** Hg. v. Arduino. Online verfügbar unter <https://docs.arduino.cc/software/ide-v2/tutorials/ide-v2-installing-a-library/>, zuletzt aktualisiert am 12.02.2024, zuletzt geprüft am 12.04.2024.

Arduino IDE Dokumentation (2024) Mehrere Einträge: II

- **loop:** Hg. v. Arduino. Online verfügbar unter <https://docs.arduino.cc/software/ide-v2/tutorials/ide-v2-installing-a-library/>, zuletzt aktualisiert am 12.02.2024, zuletzt geprüft am 12.04.2024.
- **setup:** Hg. v. Arduino. Online verfügbar unter <https://www.arduino.cc/reference/en/language/structure/sketch/setup/>, zuletzt geprüft am 12.04.2024.

Kurzfassung: Die Arduino Software Dokumentation zur IDE ist eine Sammlung an Informationen, die Anwendern dabei hilft, sich mit der Arduino-Entwicklungsumgebung vertraut zu machen, ihre Programmierkenntnisse zu erweitern und Projekte zu realisieren.

Schlagwörter: Arduino; Dokumentation; DIE; loop; setup; download; packages, libraries

Bewertung: Die Dokumentation auf der Arduino ist für Anfänger leicht zugänglich und bietet auch fortgeschrittenen Benutzern wertvolle Informationen und Unterstützung. Jedoch müssen gute Englischkenntnisse vorliegen, da keine Übersetzung in deutsch vorliegt.

Arm (2020): I



Figure 1. Block diagram of the Cortex-M4 processor

Overview

The Cortex-M4 processor is developed to address digital signal control markets that demand an efficient way to use blend of control and signal processing capabilities. The combination of high efficiency signal processing functionality with the low-power, low-cost and general-use benefits of the Cortex-M family of processors satisfies many markets. These industries include motor control, automotive power management, embedded audio and industrial automation markets.

Features

Feature	Description
Architecture	ARMv7-M
Bus Interface	3x AMBA AHB-Lite interface (forward bus architectural) AMBA AHB interface for CoreLink debug components
ISA Support	Thumb2, Thumb, Jazelle
Pipeline	5 stages + branch speculation
DSP Extension	Single cycle 1.8 to 32-bit MACC Single cycle float 1.8 to 32-bit MACC 8x 32-bit SIMD arithmetic Hardware Divide (D1-D2) unit
Flexing Power Unit	Optional single precision floating point unit (FPU) FPU: 32-bit compliant
Memory Protection	Optional 4-region MPU with sub-regions and background region
Bit Manipulation	Integrated Bit Field Processing Instructions & Bus Level Bit Banding
Interrupts	Non-maskable interrupt (NMI) + 1 to 240 physical interrupts
Interrupt Priority Levels	8 to 256 priority levels
Wake-up Interrupt Controller	Optional
Sleep Modes	Integrated WFI and WFE instructions and Sleep-On-Demand capability Deep & Deep-Sleep-Signals Optional Retention Mode with Auto Power Management (APM)
Debug	Optional (TAGE) and optional (JTAG) with Up to 8 Breakpoints and Watchpoints
Trace	Optional Instruction Trace (ITM), Data Trace (DWT), and Instruction Trace (ITM)

Internetdokument. Arm-Cortex-M4-Processor-Datasheet. Zuletzt aktualisiert am 2020.

Kurzfassung: Datenblatt für den Arm Cortex-M4 Prozessor.

Schlagwörter: ArmCortex M4; Cortex-M4; Datasheet; Datenblatt; Prozessor

Bewertung: Ausführliches Datenblatt mit vielen weitestführenden Informationen zum Prozessor.

Avago Technologies (2015): I

APDS-9960 Digital Proximity, Ambient Light, RGB and Gesture Sensor

AVAGO
TECHNOLOGIES

Data Sheet



Description

The APDS-9960 device features advanced Gesture detection, Proximity detection, Digital Ambient Light Sensor (ALS) and Color Sensor (RGB). The slim modular package, 3.354 x 1.67 x 2.35 mm, incorporates an IR LED and factory calibrated LED driver for drop-in compatibility with existing hardware.

Gesture detection

Gesture detection utilizes four directional photodiodes to sense reflected IR energy (emitted by the integrated LED) to convert physical motion information (i.e. velocity, direction and distance) to a digital information. The architecture of the gesture engine features automatic activation (based on Proximity engine results), ambient light calibration, cross-talk cancellation, dual IR filter data converters, power saving inter conversion delay, 32 dataset FIFO and interrupt driven I2C bus communication. The gesture engine accommodates a wide range of mobile device gesturing requirements; single UP/DOWN/RIGHT/LEFT gestures or more complex gestures can be accurately sensed. Power consumption and noise are minimized with adjustable IR LED timing.

Dependencies covered on next page.

Applications

- Gesture Detection
- Color Sensor
- Ambient Light Sensing
- Cell Phone Touch Screen Double
- Mechanical Switch Replacement

Ordering Information

Part Number	Packaging	Quantity
APDS-9960	Tape & Reel	5000 per reel

Features

- Ambient Light and RGB Color Sensing, Proximity Sensing and Gesture Detection in an Optical Module
- Ambient Light and RGB Color Sensing
 - UV and IR blocking filters
 - Programmable gain and integration time
 - Very high sensitivity - ideally suited for operation behind dark glass
- Proximity Sensing
 - Trimmed to provide consistent reading
 - Ambient light rejection
 - Offset compensation
 - Programmable drive for IR LED current
 - Saturation indicator bit
- Complex Gesture Sensing
 - Four separate diodes sensitive to different directions
 - Ambient light rejection
 - Offset compensation
 - Programmable drive for IR LED current
 - 32 dataset storage FIFO
 - Interrupt driven I2C bus communication
- PC Bus Host Mode Compatible Interface
 - Data Rates up to 400 kHz
 - Dedicated Interrupt Pin
- Small Package 3.354 x 1.67 x 2.35 mm

Internetdokument. Datasheet - APDS-9960 - Digital Proximity, Ambient Light, RGB and Gesture Sensor. Zuletzt aktualisiert am 2015.

Kurzfassung: Datenblatt zum Näherungs-, Umgebungslicht-, Farb- und Gestensensor. Weiterführende Informationen zum Sensor.

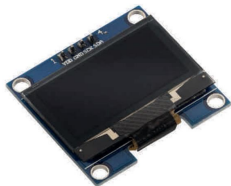
Schlagwörter: APDS-9960; Datasheet; Datenblatt; Farbsensor; Lichtsensor; Näherungssensor; Sensorik

Bewertung: Detailliertes Datenblatt zum APDS-9960 Sensor zur besseren Verständlichkeit.

AZ-Delivery (2024): I

AZ-Delivery
Ihr Experte für Mikroelektronik!

**1,3 Zoll OLED Display
Datenblatt**



Internetdokument. 1,3 Zoll OLED Display Datenblatt. Hg. v. AZ-Delivery. Online verfügbar unter <https://www.az-delivery.de/products/1-3zoll-i2c-oled-display>, zuletzt geprüft am 26.04.2024.

Kurzfassung: Datenblatt zum OLED Display. Das Datenblatt enthält alle wichtigen Daten zur Integration des Displays und noch Informationen darüber hinaus.

Schlagwörter: Bildschirm; Datasheet; Datenblatt; I2C; OLED

Bewertung: Gerade für die Systemintegration des Bildschirms, war das Datenblatt hilfreich, da alle Anschluss-Pins angegeben sind und die Bauteil Abmaße angegeben sind.

Babel, Gerhard (2023): I

Buch (Monographie). Elektrische Antriebe in der Fahrzeugtechnik. Lehr- und Arbeitsbuch. 5. Auflage. Wiesbaden, Heidelberg: Springer Vieweg.

Kurzfassung: Das Lehrbuch vermittelt die Grundlagen von der Energiegewinnung über die Energiewandlung bis zur Drehfeldmaschine und deren Anwendung in heutigen und vor allem zukünftigen Antriebssystemen. Zunächst werden aktuelle und zukünftige Energiequellen für Fahrzeugantriebe vorgestellt und miteinander verglichen. Darauf aufbauend werden elektrochemische Energiespeicher und -wandler wie die Wasserstoff-Brennstoffzelle behandelt. Es werden Gleichstrom-, Asynchron-, Synchron- und Linearmotor sowie Reluktanz-, Transversalfluss- und Digital-Motoren erklärt. Im letzten Kapitel werden Antriebssysteme am Beispiel einer E-Lok und der Magnetschwebbahn vorgestellt.



Babel, Gerhard (2023): II

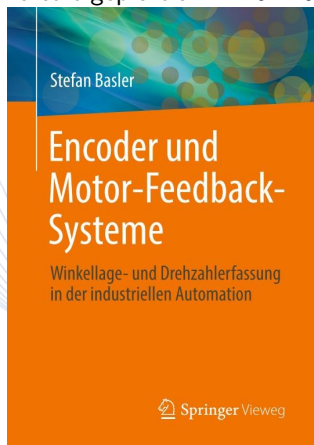
Schlagwörter: Elektromotor; Mikroschrittverfahren;
Positioniergenauigkeit; PWM; Schrittmotor

Bewertung: Das Lehrbuch ist ein umfassendes Lehrbuch für elektrische Antriebe. Für dieses Projekt wurden lediglich Auszüge aus dem Teil "SSchrittmotoren" verwendet.

ISBN: 978-3-658-40585-4

Basler, Stefan (2016): I

Buch (Monographie). Encoder und Motor-Feedback-Systeme. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. Online verfügbar unter <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-658-12844-9> zuletzt geprüft am 11.04.2024.



Kurzfassung: Das Buch gibt einen Einblick in die Theorie, die Sensorik, den Aufbau und die Anwendungen von Drehgebern. Encoder sind wichtige Komponenten in der Steuerungs- und Automatisierungstechnik, Motor-Feedback-Systeme in der modernen Antriebstechnik. Sie wandeln den Winkel zweier relativ zueinander drehbaren Objekte in ein elektrisches Signal um. Dies setzt man ein, um die Winkellage und die Drehzahl einer sich drehenden Achse zu erfassen. Das Wissen darüber hat eine große Bedeutung in der industriellen Automation und bei Servoantrieben.

Basler, Stefan (2016): II

Schlagwörter: Absolutdrehgeber; Automatisierungstechnik; Drehgeber; Encoder; Inkrementaldrehgeber; Regelungstechnik

Bewertung: Das Buch befasst sich sehr umfangreich mit der Thematik Drehgeber und Encoder. Mithilfe des Buches konnte die grundlegende Funktionsweise von Drehgebern errungen werden.

ISBN: 978-3-658-12843-2

Bernstein, Herbert (2018): I

Buch (Monographie). Elektrotechnik/Elektronik für Maschinenbauer.
Einfach und praxisgerecht. 3., überarbeitete Auflage.
Wiesbaden, Heidelberg: Springer Vieweg (Lehrbuch).



Kurzfassung: Dieses Lehrbuch behandelt anschaulich in Form von Beispielen oder Versuchen Gesetzmäßigkeiten beim Gleich- und Wechselstromkreis und erklärt die wichtigsten passiven Bauelemente. Es werden die wichtigsten elementaren Schaltungen zur elektrischen Messtechnik vorgestellt und die dazu benötigten analogen und digitalen Messgeräte. Grundlegende Bauelemente aus dem Bereich der Leistungshalbleiter werden mit ihren Anwendungen erklärt. Der Aufbau von Gleich-, Wechsel- und Drehstrommotoren mit Beispielen aus der Antriebstechnik wird verständlich dargestellt.

Bernstein, Herbert (2018): II

Schlagwörter: Drehfeld; Elektromotor; Magnetfeld;
Mikroschrittverfahren; Rotor; Schrittmotor; Stator

Bewertung: Herangezogen wurde dieses Buch für den Aufbau und der Funktionsweise von Schrittmotoren. Es konnte die bereits vorhandenen Informationen ergänzen.

ISBN: 978-3-658-20837-0

Bernstein, Herbert (2020): I

Buch (Monographie). Mikrocontroller. Grundlagen der Hard- und Software der Mikrocontroller ATtiny2313, ATtiny26 und ATmega32. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage.

Wiesbaden, Heidelberg: Springer Vieweg (Lehrbuch).

Herbert Bernstein

Mikrocontroller

Grundlagen der Hard- und Software der
Mikrocontroller ATtiny2313, ATtiny26 und
ATmega32

2., aktualisierte und erweiterte Auflage

Kurzfassung: Das Buch „Mikrocontroller Grundlagen der Hard- und Software“ von Herbert Bernstein ist ein umfassendes Werk, das sich mit den Grundlagen der Mikrocontroller ATtiny2313, ATtiny26 und ATmega32 beschäftigt. Es bietet eine detaillierte Einführung in die Welt der Mikrocontroller und vermittelt sowohl theoretisches Wissen als auch praktische Anwendungen. So wird auch die Ansteuerung von Schrittmotoren mithilfe eines Mikrocontrollers behandelt.

Bernstein, Herbert (2020): II

Schlagwörter: ATmega32; ATtiny2313; ATtiny26; Bernstein; Grundlagen; I2C; IC; Mikrocontroller; Schrittmotorsteuerung

Bewertung: Besonders hilfreich war dieses Buch, um ein Verständnis von integrierten Schaltkreisen (I2C's) zu bekommen.

ISBN: 978-3-658-30067-8

Dieter Stotz (2019): I

Buch (Monographie). Computergestützte Audio- und Videotechnik. Multimediatechnik in der Anwendung. 3. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg. Online verfügbar unter <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-58873-4> zuletzt geprüft am 26.04.2024.

Dieter Stotz (2019): II



Kurzfassung: Dieses Buch bietet eine leicht verständliche Einführung für moderne Audio- und Videotechnik im Verbund mit Computersystemen. Der Leser mit technischem Grundverständnis wird mit dem klar strukturierten Stoff einen leichten Einstieg in komplexe Zusammenhänge finden. Aus dem Inhalt: Tontechnik-Grundlagen, Abtastung und Digitalisierung, räumliches Hören, Methoden der Datenkompression, MIDI-Standard und -Signale, digitale Audiomesstechnik, Videotechnik-Grundlagen, hochauflösende Videotechnik und 3D-Technik, moderne Wiedergabesysteme (VR-Brille, OLED-Bildschirme), reales Raumsehen (Stand der Technik), Chromakeying, Schnittsysteme, Animationen, Dateiformate.

Dieter Stotz (2019): III

Schlagwörter: Dioden; Display; OLED

Bewertung: Das Buch wurde für herangezogen, um die grundlegende Funktionsweise und Vorzüge der OLED-Technik zu verstehen.

ISBN: 978-3-662-58872-7

Faulhaber Drive Systems (2020): I

 **FAULHABER**

FAULHABER Tutorial

Schrittverluste verhindern
bei Schrittmotoren



WE CREATE MOTION

Internetdokument. Faulhaber Drive Systems (2020): FAULHABER Tutorial. Schrittverluste verhindern bei Schrittmotoren. Hg. v. DR. FRITZ FAULHABER GMBH & CO. KG. Schönaich · Deutschland. Online verfügbar unter <https://www.faulhaber.com/de/know-how/tutorials/schrittmotoren-tutorial-schrittverluste-verhindern-bei-schrittmotoren/>, zuletzt geprüft am 14.05.2024.

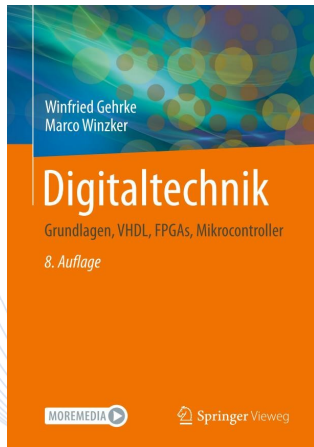
Kurzfassung: Dieses Tutorial von Faulhaber gibt viele methodische Hinweise und Möglichkeiten, um Schrittverluste bei Schrittmotoren zu verhindern. Das Tutorial geht dabei strukturiert vor und führt durch die vier Punkte: Auswahl des Schrittmotors, Betriebsart, externe Kommutierungsfehler und externe Ereignisse.

Faulhaber Drive Systems (2020): II

Schlagwörter: Faulhaber; Fehlerbehebung; Fehlerbilder; Lösung; Schrittmotor; Ursache

Bewertung: Das Tutorial war hilfreich bei der Auswahl und Inbetriebnahme des Schrittmotors.

Gehrke, Winfried; Winzker, Marco (2022): I



Buch (Monographie). Digitaltechnik. Grundlagen, VHDL, FPGAs, Mikrocontroller. 8. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg. Online verfügbar unter <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-63954-2>.

Kurzfassung: Moderne Digitaltechnik, umfassend und kompakt: Dieses Lehr- und Übungsbuch spannt den Bogen von den Grundlagen der Digitaltechnik über den Entwurf mit VHDL und Komponenten digitaler Systeme bis zu modernen Mikrocontrollern der STM32-Serie.

Schlagwörter: ArmCortex; DMA; I2C; IC; Mikrocontroller

Bewertung: Dieses Buch war besonders als Nachschlagewerk von Fachbegriffen im Bereich der Mikrocontroller hilfreich.

Gehrke, Winfried; Winzker, Marco (2022): II

ISBN: 9783662639535

Hagl, Rainer (2021): I

Buch (Monographie). Elektrische Antriebstechnik. 3., überarbeitete und erweiterte Auflage. München: Hanser.



Kurzfassung: Dieses Lehrbuch bietet einen Überblick über den Aufbau und die Wirkungsweise von elektrischen Antrieben. Es zeigt, wie Antriebe bezüglich Produktivität, Kosten, Bauraum und Energieeffizienz optimiert werden können. Zu Beginn des Buches werden die Anforderungen an elektrische Antriebe sowie deren Hauptunterscheidungsmerkmale erläutert. Die Aufgaben einzelner Komponenten wie Motor, mechanische Übertragungselemente oder Positionsmessgeräte werden beschrieben, Grundbeziehungen herausgearbeitet und Begriffe zum Thema Produktinformation erklärt. Im Hauptteil werden Motoren in Antrieben von Produktionsmaschinen erläutert.

Hagl, Rainer (2021): II

Schlagwörter: bipolar; Halbschritt; Hybridschrittmotor; Magnetfeld; Mikroschrittverfahren; Positioniergenauigkeit; Reluktanzschrittmotor, Vollschritt; Rotor; Schrittmotor; Stator; unipolar

Bewertung: Dieses Buch wurde für grundlegende Funktionsweise, den Aufbau und die verschiedenen Bauformen von Schrittmotoren herangezogen. Die Ausführungen sind übersichtlich und gut verständlich geschrieben.

ISBN: 978-3-446-46572-5

Global Electric Motor Solution LLC: I



1.8° 42mm (NEMA 17) GM42BYG Stepper Motors

General Specification

Item	Specification
Step Angle Accuracy	±1% (24 step, no load)
Resistance Accuracy	±1%
Inductance Accuracy	±20%
Temperature Rise	80°C Max. (rated current, 2 phase on)
Ambient Temperature	-10°C ~ +50°C
Insulation Class	B
Dielectric Strength	500 VAC for one minute
Shaft Rated Torque	0.08 Nm (450 g-load)
Shaft Axial Play	0.08 Max. (450 g-load)



Technique Specifications

Model No.	Step Angle	Current	Resistance	Inductance	Weight	Length	Mounting Flange	Shaft Dia.	Shaft Length	Mounting Flange	Weight	Length
GM42BYG-01	1.8°	1.2A	1.2Ω	1.2mH	1.2g	1.2mm	1.2mm	1.2mm	1.2mm	1.2mm	1.2g	1.2mm
GM42BYG-02	1.8°	1.5A	1.5Ω	1.5mH	1.5g	1.5mm	1.5mm	1.5mm	1.5mm	1.5mm	1.5g	1.5mm
GM42BYG-03	1.8°	2.0A	2.0Ω	2.0mH	2.0g	2.0mm	2.0mm	2.0mm	2.0mm	2.0mm	2.0g	2.0mm
GM42BYG-04	1.8°	2.5A	2.5Ω	2.5mH	2.5g	2.5mm	2.5mm	2.5mm	2.5mm	2.5mm	2.5g	2.5mm
GM42BYG-05	1.8°	3.0A	3.0Ω	3.0mH	3.0g	3.0mm	3.0mm	3.0mm	3.0mm	3.0mm	3.0g	3.0mm
GM42BYG-06	1.8°	3.5A	3.5Ω	3.5mH	3.5g	3.5mm	3.5mm	3.5mm	3.5mm	3.5mm	3.5g	3.5mm
GM42BYG-07	1.8°	4.0A	4.0Ω	4.0mH	4.0g	4.0mm	4.0mm	4.0mm	4.0mm	4.0mm	4.0g	4.0mm
GM42BYG-08	1.8°	4.5A	4.5Ω	4.5mH	4.5g	4.5mm	4.5mm	4.5mm	4.5mm	4.5mm	4.5g	4.5mm
GM42BYG-09	1.8°	5.0A	5.0Ω	5.0mH	5.0g	5.0mm	5.0mm	5.0mm	5.0mm	5.0mm	5.0g	5.0mm
GM42BYG-10	1.8°	5.5A	5.5Ω	5.5mH	5.5g	5.5mm	5.5mm	5.5mm	5.5mm	5.5mm	5.5g	5.5mm

Global Electric Motor Solutions LLC

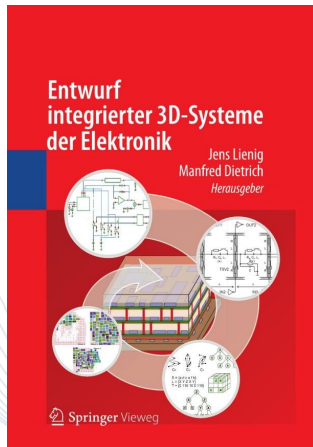
Internetdokument. NEMA 17, 1.8° 42mm GM42BYG Stepper Motors. Online verfügbar unter <https://gemsmotor.com/stepper/nema17-stepper-motor.pdf>, zuletzt geprüft am 19.06.2024.

Kurzfassung: Datenblatt zum NEMA 17, 1.8° 42mm GM42BYG Schrittmotor

Schlagwörter: 1.8°; 12 V; 42mm; Datasheet; Datenblatt; GM42BYG; NEMA 17; Schrittmotor; Stepper Motors

Bewertung: Sehr einfach gehaltenes Datenblatt. Es wurde eine Beschreibung der genauen Pin-Belegung vermisst. Außerdem ist kein Erstelldatum angegeben.

Lienig, Jens; Dietrich, Manfred (Hg.) (2012): I



Buch (Sammelwerk). Entwurf integrierter 3D-Systeme der Elektronik. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg.

Kurzfassung: Nach einer Einführung in 3D-Systeme (Teil I) mit den sich ergebenden neuen Anwendungsmöglichkeiten wird detailliert auf die beiden wesentlichen Abschnitte des Entwurfs - Modellierung und Simulation (Teil II) sowie Layoutentwurf (Teil III) - eingegangen. Die Behandlung der Probleme mit zugehörigen Lösungsansätzen erfolgt dabei entsprechend des Entwurfsflusses, d. h. in der Reihenfolge ihrer Bearbeitung.

Schlagwörter: 3D-Baufruppe; 3D-Entwurf; Design and construction; Integrated circuits; Integrationstechnologien; Modellierung; Simulation; System-in-Package; Three-dimensional integrated circuits

Lienig, Jens; Dietrich, Manfred (Hg.) (2012): II

Bewertung: Dieses Buch wurde zusätzlich herangezogen, um die IC- und I2C-Kommunikation bei Mikrocontrollern zu verstehen.

ISBN: 978-3-642-30572-6



Schlagwörter: 12 V; 24 V; 5 V; RD-50 A; Schaltnetzteil; technische Zeichnung

Internetdokument.
SIGNALLEUCHTENSMD-LED-
Datenblatt. Online verfügbar unter
<https://www.mentor.de.com/bauelemente/product/8301>, zuletzt aktualisiert am 2024, zuletzt
geprüft am 10.04.2024.

Schlagerwörter: LED; Mentor; Signalleuchte; SMD-LED

Bewertung: Alle nötigen Spezifikationen sind angegeben. War besonders für die Konstruktion des Gehäuses hilfreich.

35/62

Meroth, Ansgar; Sora, Petre (2021): I

Buch (Monographie). Sensornetzwerke in Theorie und Praxis. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. Online verfügbar unter <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-658-31709-6>.



Kurzfassung: Das Buch bildet eine Grundlage für das Verständnis des Internet of Things, indem es einen Einblick in Vernetzungsprotokolle aus der Mikrocontrollerwelt bietet und Sensoren und andere Bausteine, sowie deren Einsatz und Programmierung vorstellt. Alle gezeigten Konzepte werden durch praktische Schaltungs- und Programmierbeispiele illustriert. Daneben stehen den Lesern offene Bibliotheken für die Ansteuerung der im Buch präsentierten Bauteile auf der Verlagshomepage zum Herunterladen bereit. Die zweite Auflage beinhaltet einige neue Bausteine, im Bereich der Netzwerke, eine Beschreibung der Funktionsprinzipien einiger Sensoren sowie weitere Tipps zum Programmieren.

Meroth, Ansgar; Sora, Petre (2021): II

Schlagwörter: Arduino; Elektrotechnik; Embedded Systems; I2C; Mikrocontroller

Bewertung: Das Buch enthielt eine sehr gut verständliche Erklärung zum I2C-Kommunikationsprotokoll.

ISBN: 978-3-658-31708-9

Nordic Semiconductor. Mehrere Einträge: I

Internetdokument. SIGNALLEUCHTENSMD-LED-Datenblatt.

- nRF5340 Product Specification. QSPI - Quad serial peripheral interface (2023)
- nRF52840 Product Specification Memory (2024)
- nRF52840 Product Specification 2 (2024)
- nRF9161 Product Specification. Cryptocell-ARM TrustZone CryptoCell 310 (2024)



nRF5340 Product Specification



Online verfügbar unter <https://infocenter.nordicsemi.com>,
geprüft am 09.04.2024. zuletzt

Kurzfassung: Ausführliche Dokumentation der nRF5340, nRF52840 und nRF9161 Produkt Spezifikationen.

Schlagwörter: NRF52 Series; Peripherals; QSPI; ArmCortex M4; Bluetooth 5; NFT; AAR; AES; CCM; ECB

Nordic Semiconductor. Mehrere Einträge: II

Bewertung: Wurde nur in Auszügen und als Nachschlagewerk genutzt.

A Difference between A N 33-BLE Sense vs. Sense Lite - Nano Famil... <https://forum.arduino.cc/t/a-difference-between-a-n-33-ble-sense-vs-sense-lite/>

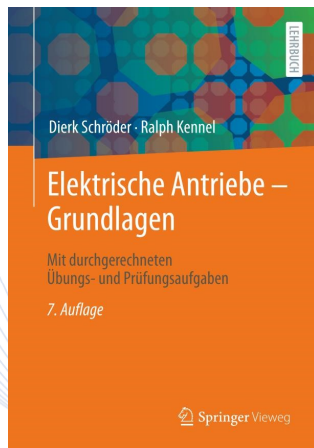
1 sur 2

OR 64-2024, 14/9

Petr Filipi; Arduino Tech Support Team (Dozie) (2022): II

Bewertung: Leider gibt es kein zusätzliches Datenblatt für den Arduino 33 BLE Sense Lite. Zudem keinen zusätzlichen Vermerk des fehlenden Sensors.

Schröder, Dierk; Kennel, Ralph (2021): I



Buch (Monographie). Elektrische Antriebe – Grundlagen. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Kurzfassung: Dieses Werk bietet einen Einstieg in das Gebiet der elektrischen Antriebstechnik. Ausgehend von den mechanischen und elektromagnetischen Grundlagen, werden die Antriebskonzepte sowohl mit Gleichstrommaschinen als auch mit Asynchron- und Synchronmaschinen erläutert. Systemgleichungen, Signalflusspläne und Regelungsvarianten werden vorgestellt und diskutiert. Das Lehrbuch stellt abschließend Übungs- und Prüfungsaufgaben mit Lösungen zur Verfügung.

Schlagwörter: Antriebstechnik; Automatisierungstechnik; Betriebsarten; bipolar; elektrische Antriebe; elektrische Energietechnik; elektrische

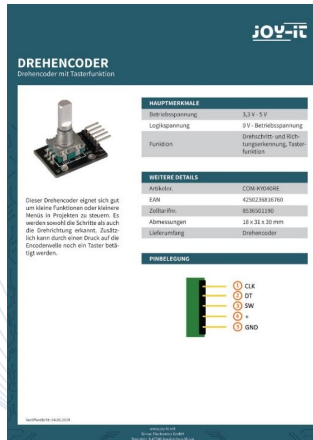
Schröder, Dierk; Kennel, Ralph (2021): II

Maschinen; Elektrotechnik; Hybridschrittmotor;
Permanentmagnetenerregter Schrittmotor; Regelungstechnik;
Reluktanzschrittmotor; Rotor; Schrittmotor; Selbsthaltemoment; Stator;
unipolar

Bewertung: Dieses Buch wurde als Quelle für die Beschreibung des Schrittmotors verwendet. Die Ausführungen sind sehr Ausführlich, ergänzte somit gut die restliche Literatur zum Schrittmotor.

ISBN: 978-3-662-63100-3

Simac Electronics GmbH (2019): I



Internetdokument. COM-KY040RE-Datenblatt. Drehencoder mit Tasterfunktion. Online verfügbar unter www.joy-it.net, zuletzt aktualisiert am 2019, zuletzt geprüft am 11.04.2024.

Kurzfassung: Datenblatt zum Drehencoder. Betriebsspannung, Abmessungen und Pinbelegung sind angegeben.

Schlagwörter: 3.3 V; 5 V; Abmessungen; Datenblatt; Drehencoder; Taster-Funktion

Bewertung: Übersichtliches Datenblatt mit allen notwendigen Informationen.

STMICROELECTRONICS (2015): I



LSM9DS1

INEMO inertial module:
3D accelerometer, 3D gyroscope, 3D magnetometer

Datasheet - production data



LGA-24L (3.6x3x1.8 mm)

Applications

- Indoor navigation
- Smart user interfaces
- Advanced gesture recognition
- Gaming and virtual reality input devices
- Displaymap orientation and browsing

Description

The LSM9DS1 is a system-in-package featuring a 3D digital linear acceleration sensor, a 3D digital angular rate sensor, and a 3D digital magnetic sensor.

The LSM9DS1 has a linear acceleration full scale of $\pm 2g$ ($\pm 19.615 \text{ m/s}^2$), a magnetic field full scale of $\pm 4000 \text{ nT}$ ($\pm 40 \mu\text{T}$) and an angular rate of $\pm 245 \text{ dps}$ ($\pm 2000 \text{ dps}$).

The LSM9DS1 includes an I2C serial bus interface supporting standard and fast mode (100 kHz and 400 kHz) and an SPI serial interface.

Magnetic, accelerometer and gyroscope sensing can be enabled or set in power-down mode separately for smart power management.

The LSM9DS1 is available in a plastic lead grid array package (LGA) and it is guaranteed to operate over an extended temperature range from -40°C to $+85^\circ\text{C}$.

Features

- 3 acceleration channels, 3 angular rate channels, 3 magnetic field channels
- $\pm 245 \text{ dps}$ ($\pm 2000 \text{ dps}$) angular rate full scale
- $\pm 4000 \text{ nT}$ ($\pm 40 \mu\text{T}$) magnetic field full scale
- 16-bit data output
- SPI / I2C serial interfaces
- Analog supply voltage 1.9 V to 3.6 V
- "Always-on" eco power mode down to 1.5 mA
- Programmable interrupt generators
- Embedded temperature sensor
- Embedded FIFO
- Position and motion detection functions
- Clickable click recognition
- Intelligent power saving for handheld devices
- EOPACK™, RoHS and "Green" compliant

Table 1. Device summary

Part number	Temperature range (°C)	Package	Packing
LSM9DS1	-40 to +85	LGA-24L	Tray
LSM9DS1TR	-40 to +85	LGA-24L	Tape and reel

March 2015 DocID017115 Rev 3 1/12

This is information on a product in full production.

Internetdokument. Datasheet - LSM9DS1-INEMO inertial module: 3D accelerometer, 3D gyroscope, 3D magnetometer. Hg. v. STMICROELECTRONICS. Online verfügbar unter <https://www.st.com/en/mems-and-sensors/lsm9ds1.html>, zuletzt aktualisiert am 2015.

Kurzfassung: Datenblatt zum LSM9DS1 (9-Achs-IMU). Sehr umfangreiches Datenblatt. Die wichtigsten Informationen sind auf der ersten Seite kurz zusammengefasst.


Schlagwörter: Beschleunigungsmesser; Datasheet; Datenblatt; Gyroskop; I2C; IMU; LSM9DS1; Magnetometer; Product Development; Specification; SPI; System-in-Package; Technical Literature

Bewertung: Alle möglichen Informationen der IMU konnten hier

STMICROELECTRONICS (2015): II

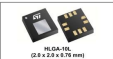
entnommen werden. Auch Informationen zur weiteren Systemintegration der IMU, wie z.B. für die I2C-Kommunikation sind hier angegeben.

STMICROELECTRONICS (2017): I



LPS22HB

MEMS nano pressure sensor; 260-1260 hPa absolute digital output barometer
Datasheet - production data



HPGA-10L
(2.8 x 2.0 x 0.75 mm)

Applications

- Altimeters and barometers for portable devices
- GPS applications
- Weather station equipment
- Sport watches

Description

The LPS22HB is an ultra-compact piezoresistive absolute pressure sensor which functions as a digital output barometer. The device comprises a sensing element and an I2C interface which communicates through I2C or SPI from the sensing element to the application.

The sensing element, which detects absolute pressure, consists of a suspended membrane manufactured using a dedicated process developed by ST.

The LPS22HB is available in a full-exposed, leaded LGA package (HPGA). It is guaranteed to operate over a temperature range extending from -40 °C to +85 °C. The package is sealed to allow external pressure to reach the sensing element.

Features

- 260 to 1260 hPa absolute pressure range
- Current consumption down to 3 µA
- High compressive capability: 20x full-scale
- Embedded temperature compensation
- 24-bit pressure data output
- 16-bit temperature data output
- ODR from 1 Hz to 75 Hz
- SPI and I2C interfaces
- Embedded FIFO
- Interrupt functions: Data Ready, FIFO flags, pressure thresholds
- Supply voltage: 1.7 to 3.6 V
- High shock survivability: 25,000 g
- Small and thin package
- ECOPACK[®] lead-free compliant

Table 1. Device summary

Order code	Temperature range (°C)	Package	Packing
LPS22HBTR	-40 to +85 °C	HPGA-10L	Tape and reel

June 2017
This is information on a product in full production

DocID027083 Rev 6

1/19
www.st.com

Internetdokument. Datasheet - LPS22HB-MEMS nano pressure sensor: 260-1260 hPa absolute digital output barometer. Hg. v. STMICROELECTRONICS. Online verfügbar unter <https://www.st.com/en/mems-and-sensors/lps22hb.html>, zuletzt aktualisiert am 2017.

Kurzfassung: Datenblatt zum LPS22HB Barometrischen Drucksensor. Sehr umfangreiches Datenblatt. Die wichtigsten Informationen sind auf der ersten Seite kurz zusammengefasst.

Schlagwörter: 027083; Barometrischer Drucksensor; Datasheet; Datenblatt; I2C; LPS22HB; Product Development; Specification; Technical Literature

STMICROELECTRONICS (2017): II

Bewertung: Alle möglichen Informationen des Drucksensors konnten hier entnommen werden. Auch Informationen zur weiteren Systemintegration des Sensors, wie z.B. für die I2C-Kommunikation sind hier angegeben.

STMICROELECTRONICS (2021): I



MP34DT05-A

Datasheet

MEMS audio sensor omnidirectional digital microphone



HEUGA - 4LD (3) x 4 x 1 mm

Features

- Single supply voltage
- Low power consumption
- AGC > 22 dB dBFS
- 64 dB signal-to-noise ratio
- Omnidirectional sensitivity
- -28 dBFS 1 kHz sensitivity
- PCM output

Applications

- Mobile terminals
- Laptop and notebook computers
- Portable media players
- VoIP
- Speech recognition
- A/V streaming devices
- Gaming and virtual reality input devices
- Digital still and video cameras
- Ambient systems

Product status link

MP34DT05-A

Product summary

Order code	MP34DT05-A
Temperature range (°C)	-40 to +85
Package	HEUGA-4LD (3) x 4 x 1 mm
Packaging	Tape and reel

Description

The MP34DT05-A is an ultra-compact, low-power, omnidirectional, digital MEMS microphone built with a capacitive sensing element and an IC interface. The sensing element, capable of detecting acoustic waves, is manufactured using a specialized silicon micromachining process dedicated to producing such sensors. The IC interface is manufactured using a CMOS process that allows designing a dedicated circuit able to provide a digital signal externally in PCM format. The MP34DT05-A is a low-distortion digital microphone with a 64 dB signal-to-noise ratio and -28 dBFS 1 kHz sensitivity. The MP34DT05-A is available in a top-port, SMD compliant, ESD-shielded package and is guaranteed to operate over an extended temperature range from -40 °C to +85 °C.

Internetdokument. Datasheet - MP34DT05-A - MEMS audio sensor omnidirectional digital microphone. Hg. v. STMICROELECTRONICS.

Kurzfassung: Datenblatt zum MP34DT05-A Digitalen Mikrophone. Das MP34DT05-A ist ein ultrakompaktes, stromsparendes, omnidirektionales, digitales MEMS-Mikrofon mit einem kapazitiven Sensorelement und einer IC-Schnittstelle.

Schlagwörter: Datasheet; Datenblatt; I2C; Mikrofon; MP34DT05-A

DS1020 - Rev. 1 - June 2007
© 2007 STMicroelectronics - All rights reserved. www.st.com

Bewertung: Ausführliches Datenblatt mit allen wichtigen Informationen.

Weber, Irene (2024): I

Buch (Monographie). VBA für Office-Automatisierung und Digitalisierung. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.



Kurzfassung: VBA bietet das Potenzial, effektive Digitalisierungslösungen mit geringem Aufwand zu realisieren. "VBA für Office-Automatisierung und Digitalisierung" eignet mit vielen Codebeispielen die Automatisierung von Excel, Word, Outlook, PowerPoint, SAP ERP und SOLIDWORKS und das Zusammenwirken dieser Systeme. Auch Webservices und Rest APIs werden mit VBA angesprochen und erschließen interessante Möglichkeiten bis hin zu KI. Das Buch erläutert wichtige Konzepte und gibt viele Tipps, um VBA-Anwendungen mit einfachen Mitteln unternehmenstauglich und administrierbar zu gestalten.

Weber, Irene (2024): II

Schlagwörter: Computer Aided Design (CAD); Digitalisierung; End-User Computing; Fehlerbehebung; Office Programmierung; SolidWorks; VBA; Visual basic for applications

ISBN: 978-3-658-42716-0

Quellen

Quellen I

- [AD24] AZ-Delivery. *1,3 Zoll OLED Display Datenblatt*. Hrsg. von AZ-Delivery. 2024. URL: <https://www.az-delivery.de/products/1-3zoll-i2c-oled-display>.
- [Adc24] Advanced Monolithic System. *AMS1117 ADMOS — Alldatasheet: 800mA LOW DROPOUT VOLTAGE REGULATOR*. 2024. URL: <http://www.advanced-monolithic.com/pdf/ds1117.pdf>.
- [All22] Allegro. *A4988-Datasheet*. 2022. URL: <https://www.allegromicro.com>.
- [Ard24a] Arduino. *ABX00031-Datasheet*. 2024. URL: <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/ABX00031-datasheet.pdf>.
- [Ard24b] Arduino. *Downloads: Arduino IDE 2.3.2*. Hrsg. von Arduino. <https://www.arduino.cc/en/software>, 2024. URL: <https://www.arduino.cc/en/software>.

Quellen II

- [Ard24c] Arduino. *Installing a Board Package in the IDE 2*. Hrsg. von Arduino. 2024. URL:
https://docs.arduino.cc/software/ide-v2/tutorials/ide-v2-board-manager/?queryID=145da8e8c0ca68927b79659df14079a5&_gl=1*1c27moy*_ga*MTQONDAyMjUONi4xNzEyMjI4NjMx*_ga_NEXN8H46L5*MTcxMjkzNTM5NS4xMi4xLjE3MTI5MzYxNTguMC4wLjE4MTYyNDUyNw.*_fplc*R3haa2kwYmJ5b0owSXBZQmNtNDElMkYySTNJZEZjVDdueVdoViUyQkg..
- [Ard24d] Arduino. *Installing Libraries*. Hrsg. von Arduino. 2024. URL:
<https://docs.arduino.cc/software/ide-v2/tutorials/ide-v2-installing-a-library/>.
- [Ard24e] Arduino. *loop()*. Hrsg. von Arduino. 2024. URL:
<https://www.arduino.cc/reference/en/language/structure/sketch/loop/>.

Quellen III

- [Ard24f] Arduino. *setup()*. Hrsg. von Arduino. 2024. URL: <https://www.arduino.cc/reference/en/language/structure/sketch/setup/>.
- [Arm20] Arm. *Arm-Cortex-M4-Processor-Datasheet*. 2020. URL: <https://developer.arm.com/documentation/102832/latest/>.
- [Ava15] Avago Technologies. *Datasheet - APDS-9960 - Digital Proximity, Ambient Light, RGB and Gesture Sensor*. 2015. URL: https://cdn.sparkfun.com/assets/learn_tutorials/3/2/1/Avago-APDS-9960-datasheet.pdf.
- [Bab23] Gerhard Babel. *Elektrische Antriebe in der Fahrzeugtechnik: Lehr- und Arbeitsbuch*. 5. Auflage. Wiesbaden und Heidelberg: Springer Vieweg, 2023. ISBN: 978-3-658-40585-4. DOI: 10.1007/978-3-658-40586-1.

Quellen IV

- [Bas16] Stefan Basler. *Encoder und Motor-Feedback-Systeme*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2016. ISBN: 978-3-658-12843-2. DOI: 10.1007/978-3-658-12844-9. URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-658-12844-9>.
- [Ber18] Herbert Bernstein. *Elektrotechnik/Elektronik für Maschinenbauer: Einfach und praxisgerecht*. 3., überarbeitete Auflage. Lehrbuch. Wiesbaden und Heidelberg: Springer Vieweg, 2018. ISBN: 978-3-658-20837-0. DOI: 10.1007/978-3-658-20838-7.
- [Ber20] Herbert Bernstein. *Mikrocontroller: Grundlagen der Hard- und Software der Mikrocontroller ATtiny2313, ATtiny26 und ATmega32*. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. Lehrbuch. Wiesbaden und Heidelberg: Springer Vieweg, 2020. ISBN: 978-3-658-30067-8.

Quellen V

- [Die19] Dieter Stotz. *Computergestützte Audio- und Videotechnik: Multimediatechnik in der Anwendung*. 3. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2019. ISBN: 978-3-662-58872-7. URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-58873-4>.
- [Fau20] Faulhaber Drive Systems. *FAULHABER Tutorial: Schrittverluste verhindern bei Schrittmotoren*. Hrsg. von DR. FRITZ FAULHABER GMBH & CO. KG. Schönaich · Deutschland, 2020. URL: <https://www.faulhaber.com/de/know-how/tutorials/schrittmotoren-tutorial-schrittverluste-verhindern-bei-schrittmotoren/>.
- [Glo] Global Electric Motor Solution LLC. *NEMA 17, 1.8° 42mm GM42BYG Stepper Motors*. Hrsg. von Global Electric Motor Solution LLC. URL: <https://gemsmotor.com/stepper/nema17-stepper-motor.pdf>.

Quellen VI

- [GW22] Winfried Gehrke und Marco Winzker. *Digitaltechnik: Grundlagen, VHDL, FPGAs, Mikrocontroller*. 8. Auflage. Berlin und Heidelberg: Springer Vieweg, 2022. ISBN: 9783662639535. URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-63954-2>.
- [Hag21] Rainer Hagl. *Elektrische Antriebstechnik*. 3., überarbeitete und erweiterte Auflage. München: Hanser, 2021. ISBN: 978-3-446-46572-5. DOI: 10.3139/9783446468214.
- [LD12] Jens Lienig und Manfred Dietrich, Hrsg. *Entwurf integrierter 3D-Systeme der Elektronik*. Berlin und Heidelberg: Springer Vieweg, 2012. ISBN: 978-3-642-30572-6. DOI: 10.1007/978-3-642-30572-6.
- [Mea19] Meanwell. *RD-50-20190729.cdr*. 2019. URL: https://cdn-reichelt.de/documents/datenblatt/D500/RD-50_DS-EN.PDF.

Quellen VII

- [Men24] Mentor. *SIGNALLEUCHTENSMD-LED-Datenblatt*. 2024. URL: <https://www.mentor.de.com/bauelemente/product/2660-8301>.
- [MS21] Ansgar Meroth und Petre Sora. *Sensornetzwerke in Theorie und Praxis*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2021. ISBN: 978-3-658-31708-9. DOI: 10.1007/978-3-658-31709-6. URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-658-31709-6>.
- [Nor23] Nordic Semiconductor. *nRF5340 Product Specification: QSPI — Quad serial peripheral interface*. 2023. URL: <https://infocenter.nordicsemi.com>.
- [Nor24a] Nordic Semiconductor. *nRF52840 Product Specification 2*. 2024. URL: <https://infocenter.nordicsemi.com>.

Quellen VIII

- [Nor24b] Nordic Semiconductor. *nRF52840 Product Specification Memory*. 2024. URL:
<https://infocenter.nordicsemi.com>.
- [Nor24c] Nordic Semiconductor. *nRF9161 Product Specification: Cryptocell-ARM TrustZone CryptoCell 310*. 2024. URL:
<https://infocenter.nordicsemi.com>.
- [PA22] Petr Filipi und Arduino Tech Support Team.
Difference between A33BLESense and SenseLite: A Difference between A N 33 BLE Sense vs. Sense Lite. 2022. URL:
<https://forum.arduino.cc/t/a-difference-between-a-n-33-ble-sense-vs-sense-lite/1030305>.
- [Sim19] Simac Electronics GmbH. *COM-KY040RE-Datenblatt: Drehencoder mit Tasterfunktion*. 2019. URL:
www.joy-it.net.

Quellen IX

- [SK21] Dierk Schröder und Ralph Kennel. *Elektrische Antriebe – Grundlagen*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2021. ISBN: 978-3-662-63100-3. DOI: 10.1007/978-3-662-63101-0.
- [STM15] STMICROELECTRONICS. *Datasheet - LSM9DS1- iNEMO inertial module: 3D accelerometer, 3D gyroscope, 3D magnetometer*. Hrsg. von STMICROELECTRONICS. 2015. URL: <https://www.st.com/en/mems-and-sensors/lsm9ds1.html>.
- [STM17] STMICROELECTRONICS. *Datasheet - LPS22HB-MEMS nano pressure sensor: 260-1260 hPa absolute digital output barometer*. Hrsg. von STMICROELECTRONICS. 2017. URL: <https://www.st.com/en/mems-and-sensors/lps22hb.html>.

Quellen X

- [STM21] STMICROELECTRONICS. *Datasheet - MP34DT05-A - MEMS audio sensor omnidirectional digital microphone*. Hrsg. von STMICROELECTRONICS. 2021.
- [Web24] Irene Weber. *VBA für Office-Automatisierung und Digitalisierung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2024. ISBN: 978-3-658-42716-0. DOI: 10.1007/978-3-658-42717-7.