

Technical Article

Von kollaborativen Robotern bis zu humanoiden Robotern: Mehr Systemeffizienz und Sicherheit für Roboter mit höherer Leistung



Sarah Anthraper

Der Robotikmarkt wächst mit der zunehmenden Automatisierung der Fertigung und der Implementierung dieser Systeme durch Personen in ihre Häuser. Unternehmen beginnen, Fertigungssysteme in ihren Fabriken und Lagerhäusern zu automatisieren und sich an eine Zukunft anzupassen, in der Roboter mehr mit Menschen interagieren.

Entwickelnde von Robotern verstehen, dass es Hunderte verschiedener Arten von Robotersystemen gibt. Wie in [Abbildung 1](#) gezeigt, kann es sich bei Robotern um kleine, hilfreiche, mit wenigen Watt betriebene kollaborative Roboter, autonome mobile Roboter, humanoide Robotern und mit bis zu 4 kW und mehr betriebene Hochleistungsindustrieroboter handeln.

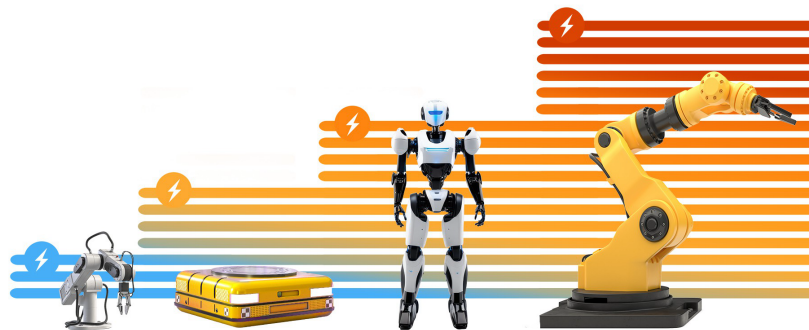


Abbildung 1. Kollaborative Roboter, mobile Roboter, humanoide Roboter und Industrieroboter sind in allen Formen und Größen mit einer Leistung von 10 W bis ≥ 4 kW erhältlich

Hersteller von Robotern stehen bei der Entwicklung fortschrittlicher Systeme vor verschiedenen Designherausforderungen. Die oben genannten Robotikanwendungen verwenden in der Regel 48-V-Schienen und unterstützen Nutzlasten von 2 kg bis 40 kg. Entwickelnde, die hinsichtlich höheren Lasten entwickeln, müssen sowohl Mechanik- als auch Designauswirkungen berücksichtigen, um eine höhere Leistungsaufnahme bereitzustellen. Höherer Strom kann aufgrund von elektromagnetischen Störungen (Electromagnetic Interference, EMI) oder hohen Schaltverlusten zu schlechter Systemleistung führen. Funktionale Sicherheit ist auch ein großer Faktor, da Roboter häufig in Umgebungen mit Menschen eingesetzt werden. Die Entwicklung von Systemen, die bei Bedarf sicher abschalten, ist äußerst wichtig, ganz gleich, ob sich diese in einer Fertigungshalle oder im Haus einer Privatperson befinden.

Intelligente Einzel-Halbbrücken-Gate-Treiber wie der [DRV8162](#) von TI verleihen Ihnen die Flexibilität, integrierte Systeme zu entwickeln, welche großen Leistungs- und Spannungsbereichen standhalten und gleichzeitig EMI reduzieren sowie die Normen für funktionale Sicherheit einhalten können.

Entwickeln für eine breite Palette an Leistungsstufen

Unsere intelligenten Gate-Treiber enthalten das einstellbare IDRIVE-Gate-Treiberstromschema von TI zur Steuerung der MOSFET-Anstiegsraten über mehrere Stufen des Gate-Stroms. Der DRV8162 verfügt über 16 einstellbare granulare Einstellungen, wie in Abbildung 2 gezeigt, um die Auswahl von MOSFET und Endanwendung zu steuern. Weitere Informationen zu IDRIVE finden Sie im Abschnitt [Informationen zum intelligenten Gate-Treiber](#).

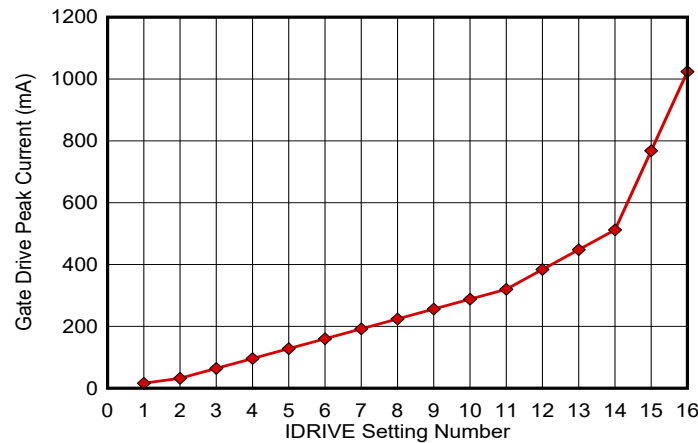


Abbildung 2. Die 16 IDRIVE-Einstellungen des DRV8162 und das programmierbare Senken- und Quellenverhältnis ermöglichen es Ihnen, externe passive Komponenten zu entfernen und Ihr Design zu vereinfachen

Mit [Gleichung 1](#) können Sie anhand der Gate-Drain-Ladespezifikation (Q_{gd}) Ihres MOSFET und der Anstiegs- und Abfallzeit der maximalen Spannung zwischen Drain und Quelle des MOSFET abschätzen, welche IDRIVE-Einstellung für Ihr System am besten geeignet ist. Diese Werte variieren je nach Ihren Leistungsanforderungen des Systems.

$$\text{IDRIVE (A)} = \frac{Q_{gd} \text{ (nC)}}{T_{rise \text{ or } T_{fall} \text{ (ns)}}} \quad (1)$$

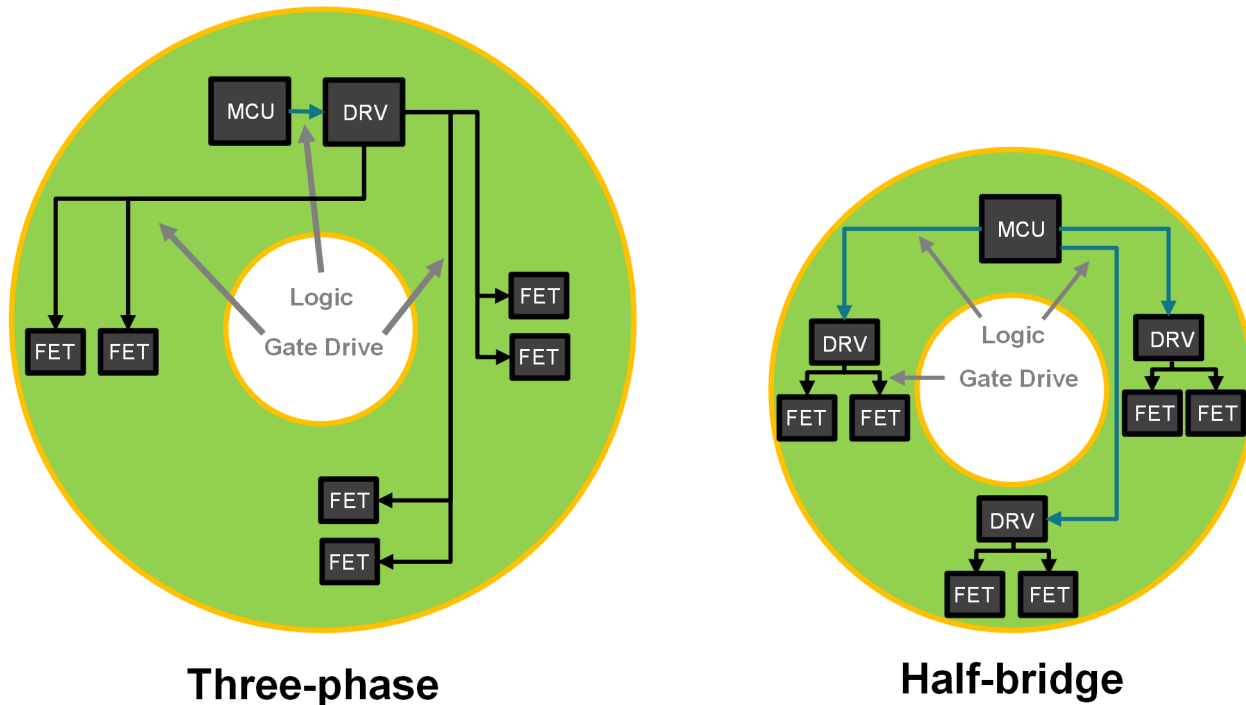
Wenn der IDRIVE keiner Gate-Treiber-Einstellung des verwendeten Geräts entspricht, benötigen Sie zusätzliche passive Komponenten (einschließlich Gate-Widerständen), um den erforderlichen Gate-Strom zu erreichen. Diese zusätzlichen Komponenten erhöhen die Gesamtmaterialistenkosten und tragen zu einer zusätzlichen Größe der Leiterplatte (Printed Circuit Board, PCB) bei. Dies kann sich bei kleineren Designs in kollaborativen Robotern, mobilen Robotern und humanoiden Gelenken als bedenklich erweisen.

Bei der Verwendung konkurrierender Halbbrücken-Gate-Treiber ist ein externer Gate-Widerstand erforderlich, da sie nur einen festen Strom oder zwei bis vier diskrete Einstellungen bereitstellen. Die 16 Gate-Treibereinstellungen im DRV8162-Treiber und das programmierbare Quellen- und Senkenverhältnis bieten Ihnen die Flexibilität, externe passive Komponenten zu entfernen und Ihr Design zu vereinfachen.

Die breite Q_{gd} -Unterstützung ermöglicht es Ihnen, den Treiber in verschiedenen Robotikplattformen mit geringer, mittlerer und hoher Leistung mit verschiedenen MOSFETs zu verwenden, ohne das Gate-Treiberdesign in jedem System ändern zu müssen. Der Quellen- und Senken-Gate-Strom für DRV8162 kann auf nur 16 mA und 32 mA bzw. bis zu 1024 mA und 2048 mA eingestellt werden. So kann beispielsweise eine Anstiegsrate von 1 V/ns in einem 48-V-System verwendet werden, um einen 48-ns- T_{rise}/T_{fall} zu berechnen. Dies führt zu einem Bereich von 0,77 nC/1,54 nC bis 49,15 nC/98,30 nC MOSFET- Q_{gd} , den der Baustein unterstützen kann.

Verbessern der Systemleistung

Die Einzel-Halbbrückenarchitektur des DRV8162 ermöglicht die Platzierung näher an den FETs als ein dreiphasiger integrierter Gate-Treiber. [Abbildung 3](#) zeigt zwei kreisförmige Leiterplattendesigns, die eine dreiphasige mit einer einphasigen Halbbrückenimplementierung vergleichen.



Three-phase

Half-bridge

Abbildung 3. Kreisförmige Leiterplattendesigns mit dreiphasiger Gate-Treiberimplementierung mit MCU, Treiber und FETs auf der linken Seite und einzeltem Halbbrückendesign auf der rechten Seite

Durch die Platzierung des Gate-Treibers näher an den FETs wird die Länge der Leiterbahnen verringert, die Signalintegrität verbessert und Parasitäreffekte auf den Gate- und Quellknoten reduziert. Kürzere Pfade tragen auch dazu bei, die Auswirkungen der Leiterbahninduktivität zu verringern, was zu geringerem Überspringen und geringerer EMI führt.

Darüber hinaus trägt der DRV8162 zur Verbesserung der Systemeffizienz und -akustik mit einer Totzeit von 20 ns bei, was außerdem dazu beiträgt, das Tastverhältnis der Betriebspulsbreitenmodulation und damit den Drehzahlbereich zu verbessern und gleichzeitig die verfügbare Spannung für den Motor zu erhöhen. Eine geringere Totzeit minimiert auch die Leitungsverluste der Diode, verbessert die Systemeffizienz und reduziert die Motorstromverzerrung, wodurch das hörbare Rauschen verringert wird. Diese Auswirkungen verbessern die Gesamtleistung und Effizienz des Systems.

STO in der Robotik

Viele Roboter arbeiten zusammen mit Menschen, daher ist es von entscheidender Bedeutung, das System bei Ausfall der Stromquelle, Überspannung oder Kurzschluss abschalten zu können. Ein Fehler der Motorantriebsanwendung, bei dem das Drehmoment des Geräts unvorhersehbar wird, könnte eine gefährliche Situation verursachen. Da einige Maschinen in Industrieumgebungen mit hohen Lasten betrieben werden, ist es wichtig, dass sie sicher abgeschaltet werden können und ein unerwartetes Einschalten verhindert wird.

Die Norm 61800-5-2 der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (International Electrotechnical Commission, IEC) definiert eine Sicherheitsfunktion namens „Sicher abgeschaltetes Drehmoment“ (Safe Torque Off, STO) im Schaltkreisdesign, die die Stromversorgung des Motors verhindert. Der DRV8162 und der DRV8162L von TI integrieren eine Architektur mit geteilter Stromversorgung, um Sie bei der Implementierung des STO in Ihrem System zu unterstützen.

In Designs mit höherer Leistung können sich Entwickelnde auf das [48-V-/4-kW-Referenzdesign für dreiphasige Inverter mit kleinem Formfaktor für integrierte Motorantriebe](#) (TIDA-010956) beziehen, das den DRV8162L mit einem 48-V-DC-Eingang und einem 85-A-RMS-Ausgangsstrom enthält. Wie in [Abbildung 4](#) gezeigt, beinhaltet dieses Design ein vorgeschlagenes STO-Konzept, parallele FETs, hohe Leistung und einen Einzel-Halbbrücken-Gate-Treiber.

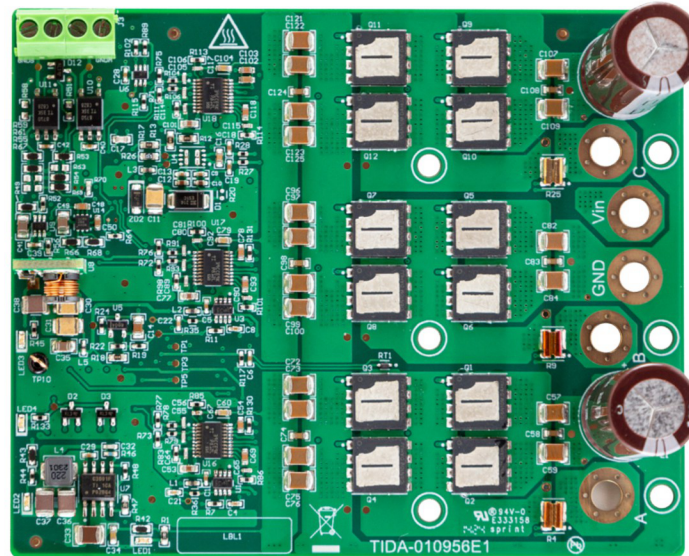


Abbildung 4. Referenzdesign für dreiphasigen Inverter von TI (TIDA-010956)

Fazit

Bestehende Motorkonstruktionen für Roboter verwenden diskrete Implementierungen, um die Sicherheitsanforderungen zu erfüllen. Dafür sind größere Leiterplatten und längere Materiallisten erforderlich. Kleinere, sicherere und integrierte Gate-Treiber wie der DRV8162 werden benötigt, um die Effizienz und Sicherheit von Robotern aller Formen und Größen zu verbessern. Neue intelligente Halbbrücken-Gate-Treiber unterstützen Entwickelnde dabei, die Leistung von 10 W bis 4 kW und mehr zu skalieren und dabei die Leiterplattengröße zu verringern sowie Leistung und Sicherheit zu verbessern. Außerdem bieten sie die Flexibilität, Roboterinnovationen in den kommenden Jahren zu beschleunigen.

Weitere Ressourcen

- Sehen Sie sich den Anwendungshinweis „Dreiphasen- vs. drei Einzel-Halbbrücken-Gate-Treiber“ (Literatur-Nr. SLVAFZO) an.
- Erfahren Sie mehr über STO im Whitepaper [Integration der Spannungsüberwachung für eine sichere Leistungsimplementierung in stationären und mobilen Industrierobotern](#).
- Bestellen Sie das Evaluierungsmodul [DRV8161EVM](#), um mit der Entwicklung einer bürstenlosen dreiphasigen 30-A-Gleichstrom-Antriebsstufe zu beginnen.

Marken

Alle Marken sind Eigentum der jeweiligen Inhaber.

WICHTIGER HINWEIS UND HAFTUNGSAUSSCHLUSS

TI STELLT TECHNISCHE UND ZUVERLÄSSIGKEITSDATEN (EINSCHLIESSLICH DATENBLÄTTER), DESIGNRESSOURCEN (EINSCHLIESSLICH REFERENZDESIGNS), ANWENDUNGS- ODER ANDERE DESIGNBERATUNG, WEB-TOOLS, SICHERHEITSMITTELSYSTEME UND ANDERE RESSOURCEN „WIE BESEHEN“ UND MIT ALLEN FEHLERN ZUR VERFÜGUNG, UND SCHLIESST ALLE AUSDRÜCKLICHEN UND STILLSCHWEIGENDEN GEWÄHRLEISTUNGEN AUS, EINSCHLIESSLICH UND OHNE EINSCHRÄNKUNG ALLER STILLSCHWEIGENDEN GEWÄHRLEISTUNGEN DER MARKTGÄNGIGKEIT, DER EIGNUNG FÜR EINEN BESTIMMTEN ZWECK ODER DER NICHTVERLETZUNG VON RECHTEN.

Diese Ressourcen sind für qualifizierte Entwickler gedacht, die mit TI-Produkten entwickeln. Sie allein sind verantwortlich für (1) die Auswahl der geeigneten TI Produkte für Ihre Anwendung, (2) das Design, die Validierung und den Test Ihrer Anwendung und (3) die Sicherstellung, dass Ihre Anwendung die geltenden Normen sowie alle anderen Sicherheits-, regulatorischen und sonstigen Vorgaben erfüllt.

Diese Ressourcen können jederzeit und ohne Vorankündigung geändert werden. Sie erhalten von TI die Erlaubnis, diese Ressourcen ausschließlich für die Entwicklung von Anwendungen mit den in der Ressource beschriebenen TI-Produkten zu verwenden. Jede andere Vervielfältigung und Darstellung dieser Ressourcen ist untersagt. Es wird keine Lizenz für andere Rechte am geistigen Eigentum von TI oder an Rechten am geistigen Eigentum Dritter gewährt. TI übernimmt keine Verantwortung für und Sie schützen TI und seine Vertreter gegen Ansprüche, Schäden, Kosten, Verluste und Verbindlichkeiten, die sich aus Ihrer Nutzung dieser Ressourcen ergeben.

Produkte von TI werden gemäß den [Verkaufsbedingungen von TI](#) oder anderen geltenden Bedingungen bereitgestellt, die entweder auf [ti.com](#) verfügbar sind oder in Verbindung mit diesen TI-Produkten bereitgestellt werden. Durch die Bereitstellung dieser Ressourcen durch TI werden die geltenden Garantien oder Gewährleistungsausschlüsse von TI für TI-Produkte weder erweitert noch verändert.

TI widerspricht allen zusätzlichen oder abweichenden Bedingungen, die Sie möglicherweise vorgeschlagen haben, und lehnt sie ab.

Postanschrift: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATASHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, regulatory or other requirements.

These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you fully indemnify TI and its representatives against any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI's products are provided subject to [TI's Terms of Sale](#), [TI's General Quality Guidelines](#), or other applicable terms available either on [ti.com](#) or provided in conjunction with such TI products. TI's provision of these resources does not expand or otherwise alter TI's applicable warranties or warranty disclaimers for TI products. Unless TI explicitly designates a product as custom or customer-specified, TI products are standard, catalog, general purpose devices.

TI objects to and rejects any additional or different terms you may propose.

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

Last updated 10/2025