

Mit EDGAR die Balance halten

- University of Adelaide entwickelt EDGAR
- Nachbau eines selbstbalancierenden Elektrorollers
- Echtzeitregelprojekt für Studenten im Abschlussjahr

Die Mechatronikstudenten der University of Adelaide führen als Teil ihrer Abschlussarbeit häufig Projekte im Bereich Echtzeitregelung durch. In einem dieser Projekte, EDGAR (Electro-Drive Grav-Aware Ride), geht es um den Entwurf und den Test eines selbstbalancierenden Personenbeförderungsmittels auf zwei Rädern. Für das Rapid Control Prototyping des Reglers kam vor der Implementierung auf den Zielprozessor ein DS1104 R&D Controller Board von dSPACE zum Einsatz.

In ihrem Abschlussjahr müssen die Mechatronikstudenten der University of Adelaide 300 bis 500 Stunden an einem Entwurfsprojekt im Bereich System-Engineering und -Integration arbeiten. Viele dieser Projekte beschäftigen sich mit der Echtzeitregelung, wobei hier das R&D Controller Board von dSPACE das bevorzugte Entwicklungswerkzeug ist. Ziel des EDGAR-Projekts waren Entwurf und Konstruktion eines selbstbalancierenden Rollers, dessen Funktions-

Das Funktionsprinzip

EDGAR sollte als robuster und leicht bedienbarer Roller konstruiert werden, ohne dabei Kompromisse bei seiner Beanspruchbarkeit und seinem Gewicht einzugehen. Zudem kamen beim Entwurf weder die Ästhetik des Fahrzeugs noch die Ergonomie der Fahrer-Fahrzeug-Schnittstelle zu kurz. EDGAR balanciert sich ähnlich aus, wie auch ein Mensch es tut. Das menschliche Gehirn erkennt das Vorlehnen des Körpers aufgrund der ausgeübten Schwerkraft auf das Gleichgewichtsorgan im Innenohr. Das Gehirn sendet daraufhin Impulse an die Muskeln in den Gliedmaßen, die das Gleichgewicht aufrecht erhalten. Ähnlich empfängt EDGARs Regler von einem Trägheitssensor Informationen, aufgrund derer er entsprechende Befehle an das Antriebssystem sendet und den Neigungswinkel ausgleicht.

Das Regelsystem

Ein Trägheitsmesssystem misst den Winkel und das Winkelverhältnis von Neigung, Drehung und Gierbewegung des Geräts. Über eine serielle RS232-Verbindung werden diese Signale anschließend an das DS1104-Board übertragen.

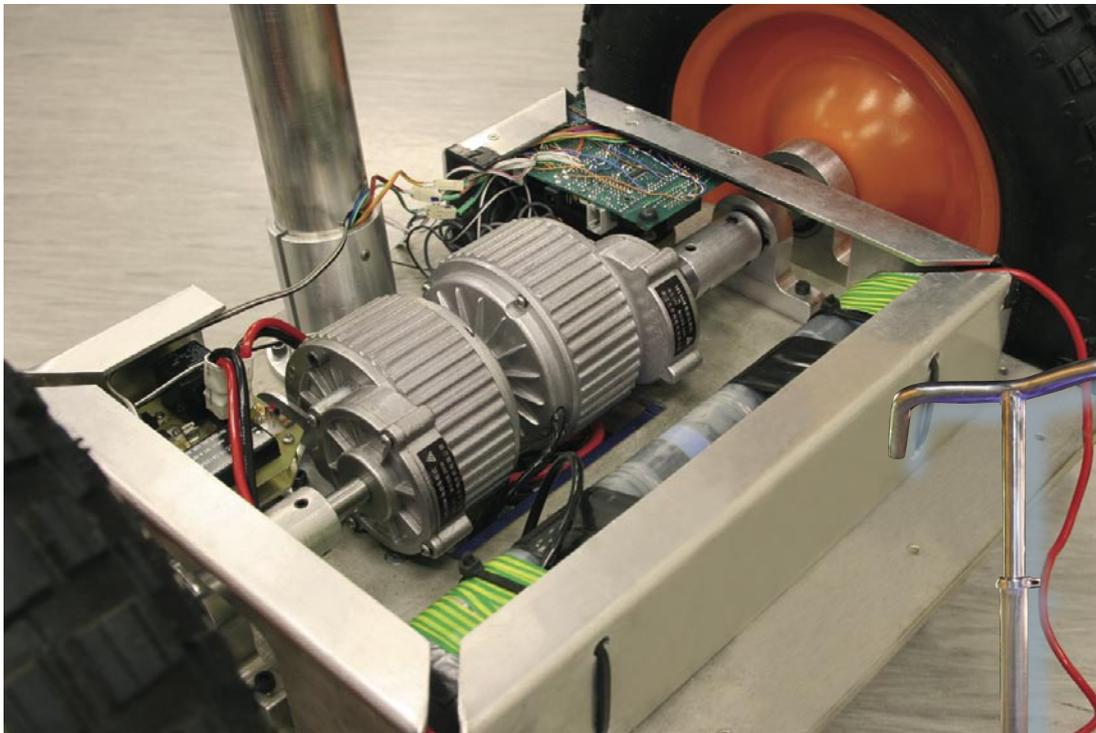
Das Antriebssystem besteht aus zwei koaxialen Getriebemotoren, gesteuert von einem Zwei-Kanal-Motorregler, der auch oft in Hobby-Robotikanwendungen eingesetzt wird. Zwei in der Standplattform platzierte kapazitive Sensoren melden die Anwesenheit eines Fahrers. Wir nutzen diese Informationen zur Aktivierung bzw. Deaktivierung des Stabilitätsreglers. LEDs in den Lenkergriffen melden die unterschiedlichen Bedienungszustände. Die Lenkungsregelung erfolgt über die Steuerung der Drehmomente der linken und rechten Motoren. Der gewünschte Lenkwinkel wird mit einem potentiometerbasierten Griff in den Lenkergriffen gewählt.



▲ Student Simon McMahon bei einer Testfahrt mit EDGAR über den Campus der University of Adelaide.

weise ähnlich der des Segway Human Transporters (HT) ist. Zur Stabilisierung des Rollers dient eine Regelstrategie, die die Winkelpositionssignale von einem Gyroskop in Signale für das Antriebssystem umsetzt.

Der Entwurf basiert entfernt auf dem Segway HT, dem ersten auf dem Markt verfügbaren selbstbalancierenden Fahrzeug. Zum Großteil beruht der Entwurf auf den Erfahrungen anderer Versuche, einen Segway HT nachzubauen.



◀ EDGARs Innenleben.
Von vorne nach hinten:
Batterien, zwei gekoppelte
Motoren und Antriebe,
Stromversorgungskarten,
Mikrocontroller und Träg-
heitsmesssystem.

Die Reglerentwicklung

Vor der Entwicklung des Echtzeitreglers untersuchten wir die Dynamik von EDGAR in einem Simulink-Modell, um so die Regelstrategien zunächst in einer virtuellen Umgebung zu entwickeln. Anschließend kam ein virtuelles Modell von Edgar hinzu, um sein Verhalten zu visualisieren und auf diese Weise seine Performance zu verifizieren.

Erste Reglerentwicklungen für den realen EDGAR haben wir mit Simulink und einem DS1104-Board sowie mit der Experimentierumgebung ControlDesk durchgeführt.

„Mit der dSPACE-Plattform konnten die Studenten in kurzer Zeit anspruchsvolle Regelstrategien entwickeln und sich dabei ganz auf die Regelung konzentrieren, anstatt sich mit der Programmierung des Mikrocontrollers oder der Elektronik aufhalten zu müssen.“

Dr. Ben Cazzolato

Alle Signale des DS1104 an die Elektronik von EDGAR wurden über ein Multicore-Kabel übertragen. Das DS1104 stellt die ADC-, DAC- und PWM- sowie seriellen und digitalen Ports zur Verfügung, die für eine sichere und funktionale Bedienung von EDGAR notwendig sind. Um Sicherheit zu gewährleisten, testeten wir zahlreiche Stabilitätsregler einschließlich signifikanter Logikregelungen. Der Reglercode wurde schließlich für den

Freescal MC9S12-Mikrocontroller cross-kompiliert – unter Verwendung eines in Simulink eingebetteten Zielprozessors, ebenfalls von Studenten der hiesigen Universität entwickelt. Für den voll funktionsfähigen Prototyp waren nur kleinere Änderungen am ursprünglichen Reglerentwurf notwendig.

Ausblick

Durch den Entwurf und die Entwicklung von EDGAR haben sich die Studenten mit viel Interesse und Freude der Thematik Echtzeitregelung gewidmet. In nur einem akademischen Jahr haben sie ein voll funktionsfähiges Gerät gebaut und getestet. Nachdem der Entwurfsansatz validiert wurde, überarbeiten dieses Jahr nun fünf neue Studenten den Entwurf und setzen dabei größere Motoren und leistungsstärkere Motorregler ein.

*Dr. Ben Cazzolato
Senior Lecturer in Control and Signal Processing
University of Adelaide
Australien*

