

Nachhaltigkeit im Fokus

# Mit Solarantrieb um die Welt



(Bild: Solaride)

Ein Solarauto zu entwickeln, ist ein enormes Projekt. Solaride meistert diese Herausforderung und will mit seinem Fahrzeug bei der »Bridgestone World Solar Challenge« antreten. Herzstück für die erfolgreiche Umsetzung des Projekts ist Embedded-Software von Segger. Von Frank Riemenschneider

Solaride ist ein Bildungsprogramm, das auf die Initiative von zwei Studenten zurückgeht, die nach einer Möglichkeit suchten, ihr theoretisches Wissen in die Praxis umzusetzen. Sie kamen auf die Idee, das erste mit Solarenergie betriebene Auto im Baltikum zu bauen. Solaride funktioniert wie ein echtes Unternehmen – es besteht aus fünf Abteilungen: Marketing, Personalwesen, Technik, Logistik und Finanzen. Außerdem verfügt es über Mentoren, die den jungen Entwicklern helfen, ihre

Ziele zu erreichen, sowie über einen Beirat und einen Geschäftsführer, der nicht nur im übertragenen Sinn die Räder am Laufen hält.

Im November 2021 begann Solarides zweite Saison mit dem Ziel, ein noch besseres Solarauto zu bauen, das 2023 in Australien bei der »Bridgestone World Solar Challenge« antreten kann (Kasten). Zurzeit arbeiten bei Solaride fast 100 Studenten aus verschiedenen estnischen Universitäten und Schulen zusammen. Das jüngste Teammitglied

ist 15 und das älteste 72 Jahre alt. Während der ersten Saison haben sich fast 200 aktive Freiwillige an diesem Projekt beteiligt.

Der Hauptsponsor von Solaride ist die estnische Regierung. Solaride wird darüber hinaus von der Universität Tartu, der Technischen Universität Tallinn, der Estnischen Universität für Biowissenschaften, der Estnischen Luftfahrtakademie, der TTK-Hochschule für angewandte Wissenschaften sowie mehreren Privatunternehmen unterstützt.

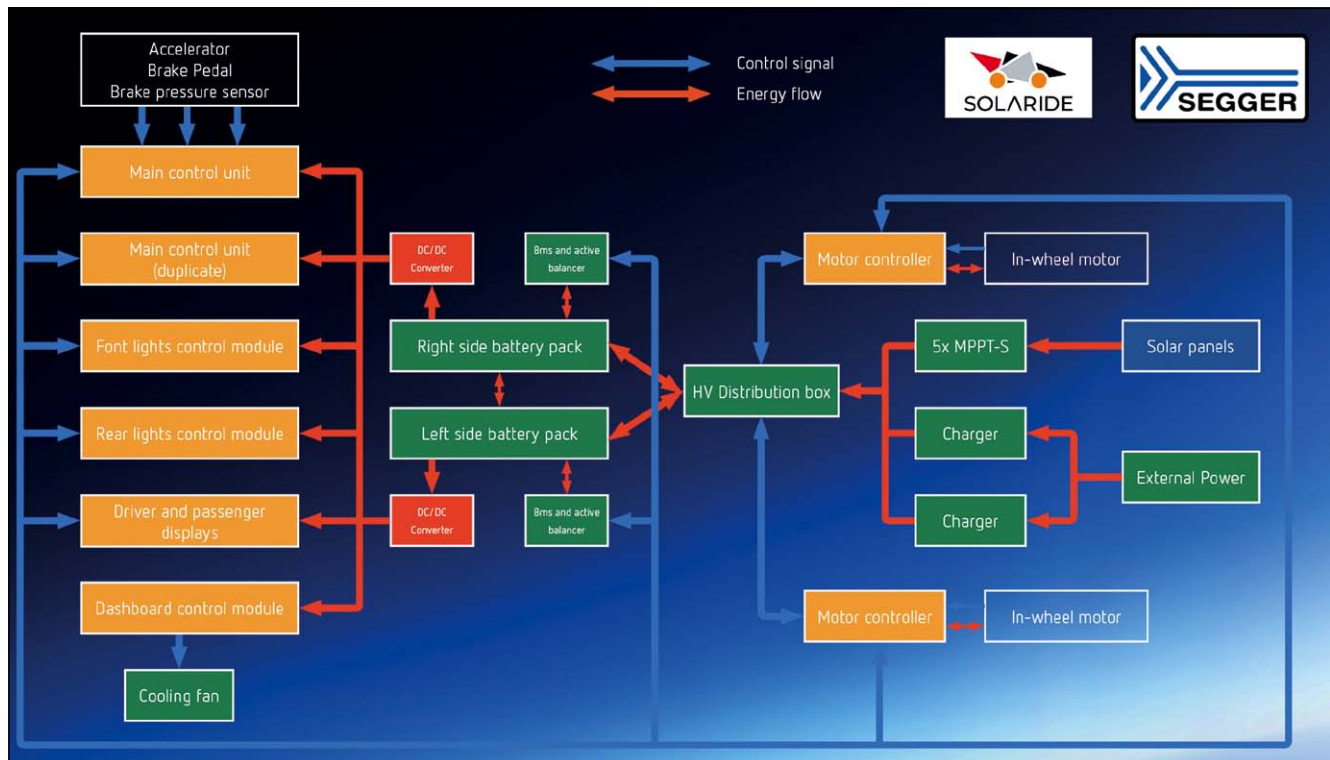


Bild 1. Die Embedded-Architektur von Solarides Solarauto. (Bild: Segger)

Als Solaride mit dem Bau seines ersten Solarautos begann, berücksichtigte man von Anfang an Software von Segger. Die Ingenieure von Solaride entschieden sich für embOS, Seggers embedded Echtzeit-Betriebssystem, und emWin, die embedded GUI-Bibliothek, um eine Benutzeroberfläche auf den Bildschirmen des Autos zu erstellen. Solaride verwendet emWin, um dem Fahrer und dem Copiloten des Fahrzeugs Daten anzuzeigen. embOS wird im Hauptsteuergerät, dem »Gehirn« des Fahrzeugs, und anderen Steuergeräten verwendet. **Bild 1** zeigt ein Blockdiagramm der Embedded-Architektur des Fahrzeugs.

### Sammeln und Verarbeiten von Daten

Das Hauptsteuergerät basiert auf einem RX65N-Mikroprozessor von Renesas. Es kontrolliert alle Funktionen des Fahrzeugs. Die Anzeigen für Fahrer und Beifahrer laufen auf RX65N Envision Kits. Das Team verwendet einen CAN-Bus für den Großteil der Kommunikation zwischen den Modulen. Das Fahrzeug wird von hocheffizienten Marand-Radmotoren angetrieben. Sie werden von Tritium/Prohelion WaveSculptor22-

Motorcontrollern gesteuert. Die Solarmodule laden die Batterien über Aurora Maximum Power Point Tracker auf. Das System ist mit einer Reihe von Sensoren ausgestattet, die eine riesige Menge an Daten sammeln: Das beginnt bei der Stromversorgung, also bei den verschiedenen Spannungen und den Fragen, wie viel Energie in den Batterien gespeichert ist, wie viel Energie von den Solarzellen gesammelt wird und wie viel Energie benötigt wird. Daneben sammelt das System Daten von verschiedenen Temperatursensoren. Die Batterien und andere Fahrzeugkomponenten wie der Motor werden ebenso überwacht wie die Umgebungstemperaturen innerhalb und außerhalb des Fahrzeugs. Dies ist aber nur die Spitze des Eisbergs: Das System speichert auch Daten der Benutzeroberfläche. Dazu gehören alle Tasten im Auto, verschiedene Sensoren, die mit dem Gaspedal verbunden sind, dem Lenkrad und so weiter.

Schon die schiere Menge der vom System gesammelten Daten ist erstaunlich. Noch wichtiger ist allerdings Folgendes: Alle Daten werden so gespeichert, dass sie für eine spätere Analyse verwendet werden können. Dies schafft

die Grundlage für notwendige Anpassungen und größere Optimierungen am Fahrzeug.

Laut der Softwareabteilung von Solaride übertrifft die Leistung des RX65N bei weitem ihre Erwartungen: »Der Mikroprozessor hat mit seinen reibungslosen Touchscreen-Funktionen und einer umfangreichen Codebasis überzeugt. Er hat seine Konkurrenten weit hinter sich gelassen«, so die Entwickler.

### embOS punktet bei Echtzeitüberwachung

Natürlich ist die Wahl der am besten geeigneten MCU nur eine der zahlreichen Komponenten, die für ein Projekt dieser Größenordnung erforderlich sind. Die unterstützende Software ist ebenso entscheidend. Sie ist das wichtigste Instrument, um die Fähigkeiten des Mikrocontrollers zu nutzen und Funktionen zu realisieren, die in der Hardware möglicherweise nicht verfügbar sind. Solaride hat einige zusätzliche Anstrengungen unternommen, um die am besten geeignete Software für ihre Anforderungen zu ermitteln. Sie verglichen fünf Echtzeit-Betriebssysteme (RTOS), darunter embOS.

## Die »Bridgestone World Solar Challenge«

Die »Bridgestone World Solar Challenge« (WSC) ist eine internationale Veranstaltung speziell für solarbetriebene Autos, die durch das australische Outback führt. Die Rennstrecke ist über 3022 Kilometer (1878 Meilen) lang und führt von Darwin, Northern Territory, nach Adelaide, South Australia.

Die WSC zieht Teams aus der ganzen Welt an, von denen die meisten von Universitäten oder Unternehmen gestellt werden, einige jedoch auch von High Schools. Ursprünglich fand die Veranstaltung alle drei Jahre statt, seit der Jahrtausendwende wird sie in der Regel im Zweijahresrhythmus ausgetragen.

Seit 2007 gibt es bei der Weltmeisterschaft mehrere Klassen. Nachdem das deutsche Team der Hochschule Bochum im Jahr 2009 mit einem vierrädrigen, mehrsitzigen Auto, dem BoCruiser, antrat, wurde 2013 eine radikal neue »Cruiser Class« eingeführt, die die technologische Entwicklung von praktisch nutzbaren und idealerweise straßenzugelassenen, mehrsitzigen Solarfahrzeugen anregt.

Die Idee für den Wettbewerb stammt von dem in Dänemark geborenen Abenteurer Hans Tholstrup. Er war der erste, der den australischen Kontinent in einem 4,9 m langen offenen Boot umrundete. Später in seinem Leben nahm er an verschiedenen Wettbewerben mit spritsparenden Autos und Lastwagen teil. Bereits in den 1980er-Jahren wurde sich Tholstrup der Notwendigkeit bewusst, nachhaltige Energie als Ersatz für die begrenzt verfügbaren fossilen Brennstoffe zu erforschen. Mit Unterstützung von BP entwarf er das erste Solarauto der Welt, den Quiet Achiever, und legte die 4052 km zwischen Sydney, New South Wales, und Perth, Westaustralien, in 20 Tagen zurück. Dies war der Vorläufer der WSC. Nach der vierten Veranstaltung verkaufte Tholstrup die Rechte an den Staat South Australia.

Das Echtzeitbetriebssystem embOS erwies sich als das am besten geeignete RTOS für Solarides Anforderungen. Um die Echtzeitleistung von embOS besser zu verstehen, verglich Solaride die Anforderungen für einen Blinker und ein Gaspedal. Während es beim Blinker unproblematisch ist, wenn dieser nach seiner Aktivierung mit einer Verzögerung von Millisekunden oder mehr anfängt, Lichtsignale zu geben, müssen die Sensoren und Aktoren des Gaspedals 1000-mal pro Sekunde überwacht und aktiviert werden.

Aus technischer Sicht unterstützt embOS die Anforderungen von Solaride folgendermaßen. Wesentliche Merkmale sind die frei wählbare Zeitauflösung, das präemptive Scheduling und die Möglichkeit, jeder Aufgabe individuelle Prioritäten zuzuordnen, sodass das Verhalten der Aufgaben genau nach den Anforderungen der Anwendung definiert werden kann. Die komplexe Umgebung von Solaride profitiert von der unbegrenzten Anzahl von Tasks, Software-Timern und anderen Synchronisations- und Kommunikationsprimitiven wie Event-Objekten, Semaphoren, Mutexen, Mailboxen und Queues sowie nicht zuletzt dem ausgefeilten Interrupt-Handling von embOS, beispielsweise

in sehr zeitkritischen Anwendungsfällen wie der Motorsteuerung.

Noch wichtiger für ein solarbetriebenes Auto ist, dass Berechnungszeiten, in denen embOS im Idle-Mode ist, automatisch im Energiesparmodus der MCU verbracht werden können und somit der Energieverbrauch minimiert wird.

### emWin reduziert den Entwicklungsaufwand

Ein wesentliches Element moderner Fahrzeuge sind auch die Anzeigen für Fahrer und Beifahrer. Sicherlich wäre Solaride in der Lage gewesen, eine leistungsfähige Benutzeroberfläche selbst zu programmieren. Doch ohne die emWin-Bibliothek von Segger wäre der Arbeitsaufwand nach internen Schätzungen mehr als zehnmal so hoch gewesen. Der Grund dafür ist sehr einfach: emWin ermöglicht es selbst ressourcenbeschränkten Mikrocontroller-basierten Systemen, interaktive Schnittstellen mit einer leistungsstarken und einfach zu bedienenden API zu betreiben. Solarides MCU-Lieferant Renesas zum Beispiel hat emWin aufgrund seiner Ressourceneffizienz und leistungsstarken Funktionalität für alle RA- und RX-Mikrocontroller lizenziert [1],

um den Kunden die kostenlose Nutzung von emWin zu ermöglichen.

**Bild 2** stellt die allgemeine Struktur eines emWin-Systems dar. Obwohl emWin die ressourceneffizienteste Grafikkbibliothek für Embedded-Geräte auf dem Markt ist, ist sie natürlich nicht die einzige. Aus Platzgründen können nicht alle von Solaride verwendeten Funktionen beschrieben werden, daher sind die wichtigsten hervorgehoben [2]. Nach Seggers Informationen gibt es kein Tool mit einer vergleichbaren Vielfalt an Optionen zur Skalierung von Bildern und Schriften wie emWin. Standardmäßig werden Bilder so für die Hardware umgerechnet, dass die bestmögliche Performance erreicht wird. Aber es kommt nicht immer nur auf die Leistung an, sondern auch auf die Notwendigkeit, Ressourcen zu erweitern. Bei diesem Aspekt bietet emWin größtmögliche Flexibilität.

Mit Variablen lassen sich verschiedene Dinge in einem GUI realisieren: Zum Beispiel können extern veränderte Variablen als Auslöser für beliebige Aktionen verwendet werden. Ein konkretes Anwendungsbeispiel im Automobilbereich ist die Anzeige der Motordrehzahl. Die aktuelle Drehzahl wird auf dem Bildschirm in Form eines Schiebereglers visualisiert, dessen Länge proportional zur Drehzahl ist. Wird ein Wert außerhalb des effizientesten Bereichs (hohes Drehmoment, geringer Energiebedarf) erreicht, wird ein Trigger gesetzt, der die Farbe der Anzeige zum Beispiel von Grün auf Rot ändert. Neben den vordefinierten Widgets könnte Solaride auch andere grafische Elemente wie ein Potenziometer verwenden, um beispielsweise den Ladezustand der Batterie von 0 bis 100 % anzuzeigen. Auch solche Elemente lassen sich einfach über sogenannte Drawings realisieren.

Drawings sind Zeichenfunktionen für verschiedene Elemente wie Linien, Kreise, Rechtecke und in diesem Fall Tortenstücke. Sie geben den Mittelpunkt des Kreises, den Radius, den Start- und Endwinkel und die Farbe an. Das Spannende daran ist, dass diese Werte auch aus Variablen ausgelesen werden können, sodass im Falle

des Potenziometers die aktuelle Position grafisch als kleineres oder größeres Tortenstück dargestellt wird. Zu diesem Zweck ist es möglich, für jedes einzelne Objekt sowohl ein Predraw als auch ein Postdraw anzugeben. Das sind Aktionen, die vor oder nach der Darstellung des Elements ausgeführt werden. Die Möglichkeiten sind nur durch die Phantasie des GUI-Designers begrenzt.

## Der GUI-Builder AppWizard

Neben emWin setzt Solaride den AppWizard ein, Gewinner des von der Design&Elektronik verliehenen »Innovator des Jahres«. AppWizard ist ein GUI-Builder, mit dem der Benutzer keinen Code programmieren muss, sondern die Benutzeroberfläche vollständig visuell gestalten kann. AppWizard generiert C-Quelldateien, die mit jedem Zielsystem funktionieren, das mindestens 130 KByte RAM und 256 KByte Flash hat. Ein MS-Visual-

Studio-Simulationsprojekt ermöglicht das Debuggen der Anwendung und das Hinzufügen von benutzerdefiniertem Code, auch wenn die endgültige Zielhardware (noch) nicht verfügbar ist. Es erleichtert die Nutzung aller Kernfunktionen von emWin, wie zum Beispiel Rendering-Animationen, Sprachmanagement, Widgets usw. Das Kernmerkmal von AppWizard ist der WYSIWYG-Editor. Mit diesem Editor lassen sich Anwendungen erstellen, die nicht nur die Benutzeroberfläche darstellen, sondern auch Schnittstellen zu anderen Funktionen der Anwendung. Auf diese Weise können Entwickler Anwendungsoberflächen mit den zugehörigen Interaktionen und Ereignissen entwerfen und sofort sehen, wie sie in der Anwendung tatsächlich aussehen werden. Zu diesem Zweck integriert AppWizard einen Replay-Modus zum einfachen Testen der erstellten Anwendungen in einer simulierten Umgebung. Durch Drücken der F5-Taste wird der

aktuelle Zustand der Anwendung ausgeführt, ähnlich wie beim Debuggen in einer IDE. Auf der Website von SEGGER stehen mehrere Videos zur Verfügung, die zeigen, wie man mit AppWizard Benutzeroberflächen erstellen kann, ohne auch nur eine Zeile Code programmieren zu müssen [3].

Mit einem solarbetriebenen Fahrzeug trifft Solaride den Nerv der Zeit und bringt in Zeiten des Klimawandels Nachhaltigkeit in den Rennsport. Segger Microcontroller, seit 2021 selbst ein klimaneutrales Unternehmen [4], unterstützt mit seinem Friendly-Licensing-Modell seit jeher Schüler, Studenten und Maker, die die Embedded Software von SEGGER kostenlos nutzen können. So konnte Solaride auch dank des RTOS embOS und der Grafikbibliothek emWin in Kombination mit dem GUI-Builder AppWizard ein wettbewerbsfähiges Auto entwickeln, das sich Chancen bei der »Bridgstone World Solar Challenge« ausrechnet. ih

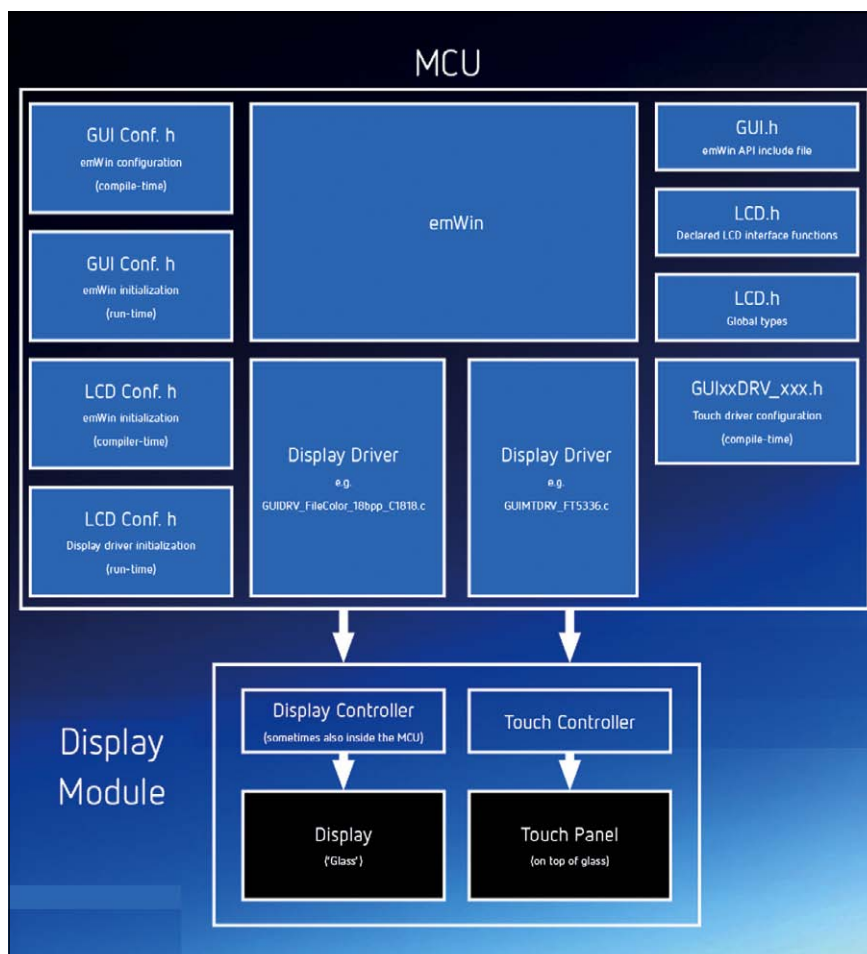


Bild 2. Schaubild eines emWin-Systems. (Bild: Segger)

## Literatur

- [1] Renesas lizenziert emWin für alle RA-Microcontroller: [https://c.a.segger.com/fileadmin/documents/Press\\_Releases/2021/210924\\_DE\\_PR\\_Web\\_SEGGER\\_emWin\\_Renesas\\_RA.pdf](https://c.a.segger.com/fileadmin/documents/Press_Releases/2021/210924_DE_PR_Web_SEGGER_emWin_Renesas_RA.pdf)
- [2] Interview mit emWin-Produktmanager Jörg Ehrle: <https://www.elektroniknet.de/embedded/software/benutzerinteraktion-wie-auf-dem-smartphone.190343.html>
- [3] Video-Tutorials über die Erstellung von Benutzeroberflächen ohne Programmierung mit dem AppWizard: <https://www.segger.com/news/all/>
- [4] SEGGER ist klimaneutral: <https://www.segger.com/sustainability/>
- [5] Website von Solaride: <https://solaride.ee/en/>



**Frank Riemenschneider**

studierte Elektrotechnik mit dem Schwerpunkt Prozessorarchitekturen an der Leibniz-Universität in Hannover. Seit März 2021 ist er bei Segger Microcontroller als Marketing- und PR-Manager beschäftigt.