



WHITEPAPER

SPS für Edge-Einsatz

Module, Soft-SPS und verteilte Systeme

Raus aus dem Schaltschrank und rein in die Applikation: Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) auf Basis von Computer-on-Modules erobern neue Anwendungsgebiete dank ihrer sehr kompakten Größe. Die TQ-Group nimmt diesen Trend auf und bündelt Modul-Hardware, BSP und Software zu praxisgerechten Paketen – damit vereinfacht sich die Integration einer SPS direkt in die kundenspezifische Hardware.

Die Steuerung industrieller Anlagen erfordert leistungsfähige und robuste Systeme. Bei speicherprogrammierbaren Steuerungen treffen diese beiden Eigenschaften zusätzlich auf eine hohe Flexibilität: Die Logik, die die Ausgänge der Steuerung in Abhängigkeit von ihren Eingängen schaltet, ist programmierbar. Mit einer Änderung im Anwenderprogramm (Software) kann man beispielsweise kurzfristig und kostengünstig auf Änderungen im Produktionsprozess reagieren.

Ein weiterer Vorteil beim Einsatz einer SPS liegt in der Entkopplung der Programmierung der Steuerung von ihrer Hardware (im Gegensatz zu festverdrahteten Steuerungen). Das wird durch die Firmware (Betriebssystem) und das Anwenderprogramm erreicht und begünstigt die Portierung eines nach den gängigen Standards programmierten Anwenderprogramms auf Steuerungen mit unterschiedlicher Hardware. Gerade bei ungewissen Verfügbarkeiten ein weiterer Zugewinn an Flexibilität!

Programmierung nach IEC 61131/61499

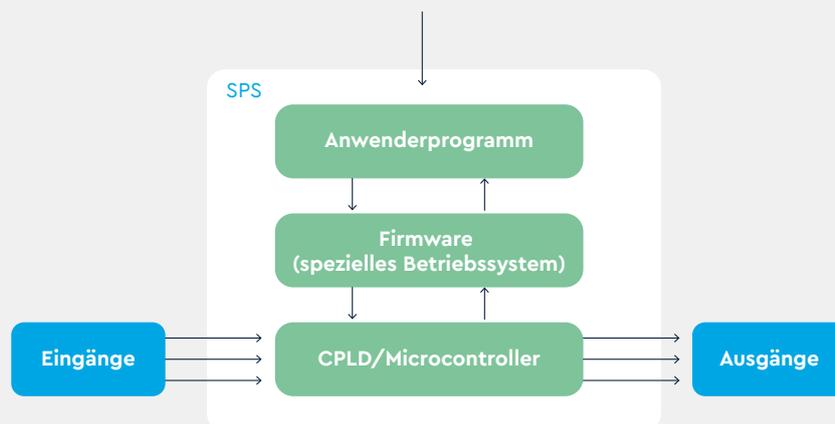


Abbildung 1: Schema SPS

Die Vielzahl der verfügbaren Steuerungskonzepte führte in der Vergangenheit dazu, dass Systeme auf Hardwareplattformen unterschiedlicher Hersteller nicht kompatibel waren.

Als Folge mussten hohe Investitionen für Schulungen sowie für Hard- und Software getätigt werden. Die Forderungen der Industrie nach einer möglichst hohen Interoperabilität der SPSen und ihrer leichteren Programmierung haben zur Etablierung internationaler Standards geführt – die bedeutendsten sind heute IEC 61131 und IEC 61499.

IEC 61131

Die Norm IEC 61131 wurde entwickelt, um die unterschiedlichen Sprachen, Befehlssätze, Schnittstellen zwischen Steuerung und Programmiersystem und Konzepte im Bereich der Automatisierungssysteme zu vereinheitlichen. IEC 61131 beschreibt dies sehr detailliert und ist mittlerweile in zehn „Teile“ gegliedert. Teil 3 definiert fünf „Sprachen“ für die SPS-Programmierung:

Bezeichnung		Abkürzung		Stil	Vergleichbar mit
 Deutsch	 Englisch				
Ablaufsprache	Sequential Function Chart	AS	SFC	Grafisch	Zustandsdiagramm
Anweisungsliste	Instruction List	AWL	IL	Text basiert	Assembler
Funktionsbausteinsprache	Function Block Diagram	FBS	FBD	Grafisch	Logikschaltplan
Kontaktplan	Ladder Diagram	KOP	LD	Grafisch	Elektroschaltplan
Strukturierter Text	Structured Text	ST	ST	Text basiert	konventioneller Programmiersprache

In allen Sprachen können Funktionen und Funktionsblöcke verwendet werden, die in einer der anderen Sprachen geschrieben sind oder vom SPS-Hersteller in Form von Software-Bibliotheken ohne Quelltext zur Verfügung gestellt werden. Je nach Leistungsfähigkeit der SPS müssen allerdings nicht alle Sprachen implementiert sein.

Die Konvertierung zwischen den Sprachen ist herstellerabhängig und daher nicht oder nur eingeschränkt möglich. Viele Programmierumgebungen bieten auch die Möglichkeit, andere Sprachen wie C zu verwenden. Bekannte Implementierungen der IEC 61131-3 sind STEP 7 von Siemens für Siemens-Steuerungen und CODESYS von der CODESYS Group, eine geräteherstellerunabhängige Implementierung des Standards.

IEC 61499

Der neuere Standard IEC 61499 ist eine Weiterentwicklung von IEC 61131, der auf die veränderten Anforderungen an industrielle Steuerungen reagiert. Die prominentesten Konzepte des neuen Standards sind u.a. Verteilung der Programmstruktur auf mehrere Geräte, eventbasierte Ausführung sowie Kapselung und Wiederverwendbarkeit. Letzteres äußert sich z.B. in der Möglichkeit, Funktionsbausteine in einer beliebigen Hochsprache zu implementieren und dann im Anwenderprogramm einzusetzen. Das geht z.B. bei CODESYS (für IEC 61131) auch, allerdings nicht für den Endanwender, da tiefer in CODESYS eingegriffen werden muss und dazu ein Runtime-Toolkit notwendig ist.

Eine bekannte Implementierung eines IEC61499-Programmiersystems ist das Open-Source-Projekt Eclipse 4diac. 4diac ist aus den Ergebnissen mehrerer Forschungsprojekte entstanden und besteht aus einer echtzeitfähigen Laufzeitumgebung für IEC 61499 Applikationen und einer integrierten Entwicklungsumgebung zur Erstellung von IEC 61499 Applikationen. Neben der Laufzeit- und Entwicklungsumgebung bietet 4diac eine umfangreiche Bibliothek von Funktionsbausteinen für die Applikationsentwicklung.

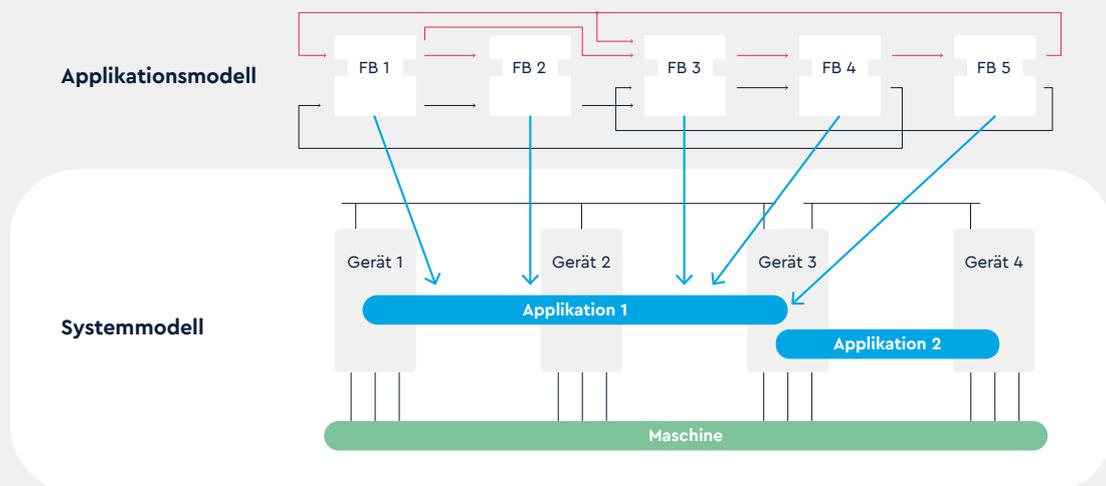


Abbildung 2: Verteilte Programm- und Anwendungsstruktur

Um die gemäß IEC 61131 und IEC 61499 erstellten Steuerungsapplikationen auch ausführen zu können, wird natürlich eine SPS benötigt. Statt dieser spezialisierten Hardware erfreut sich die Soft-SPS einer wachsenden Beliebtheit.

Soft-SPS

Die Soft-SPS ist eine Form der speicherprogrammierbaren Steuerung bei der meist ein General-Purpose-Betriebssystem eingesetzt wird, wie Linux oder Windows, statt einem Spezial-Betriebssystem wie bei der SPS-Firmware. Da SPS-Anwenderprogramme nach IEC 61131 oder 61499 nicht von diesen Betriebssystemen direkt ausführbar sind, benötigt die Soft-SPS eine Laufzeitumgebung.

CODESYS (IEC 61131) und 4diac (IEC 61499) bieten Laufzeitumgebungen u.a. für Linux an. Damit sind alle Komponenten vorhanden, um mit Hilfe der TQ-Module und dem TQ-BSP die Vorteile einer SPS mit kundenspezifischer Hardware zu vereinen.

Hardware-Basis

Im vielfältigen Modulangebot von TQ gibt es auch für anspruchsvolle industrielle Steuerungsaufgaben geeignete Produkte. Für Feldbus-Infrastrukturen mit Echtzeitanforderungen eignet sich das Auflötmodul TQMa64xxL: Dank seiner dedizierten Echtzeit-fähigen CPU AM64xx von Texas Instruments verfügt das Modul über bis zu zwei Cortex-R5F-Cores, bis zu vier Programmable Real-time Units (PRUs) sowie bis zu zwei Cortex-A53-Cores und kann sowohl als Steuerung als auch in der Peripherie als Sensor/Aktor-Modul eingesetzt werden.

Das Auflötmodul TQMa8MPxL basiert auf NXPs i.MX 8M Plus und eignet sich aufgrund seiner zahlreichen IO-Schnittstellen als zentrales Element einer Steuerung; durch den integrierten Display- und Kamera-Support auch als HMI. Mit 4 x Cortex-A53 und bis zu 8 GB LPDDR4 sind auch anspruchsvolle parallele Tasks gut realisierbar.

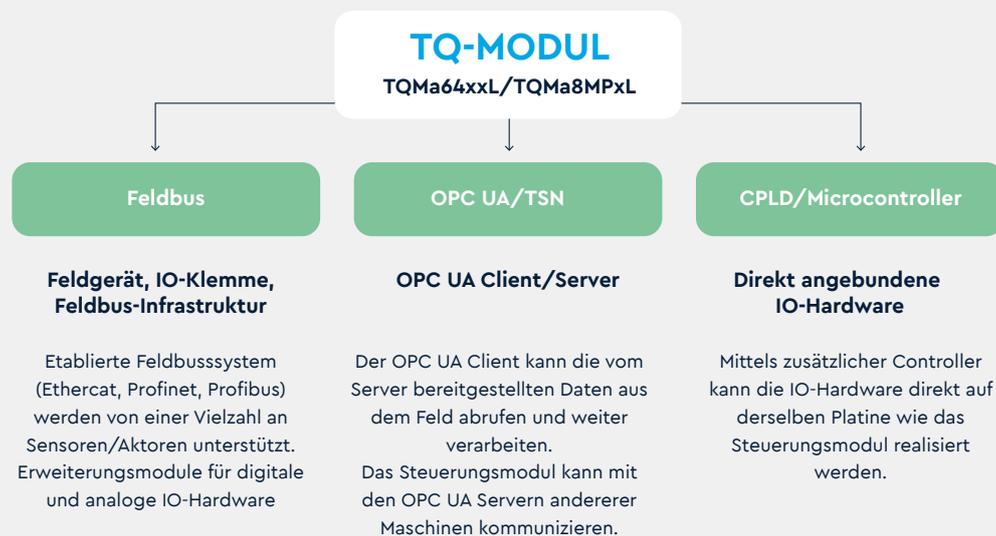


Abbildung 3: Konnektivitätsschema

Die Konnektivität zur Außenwelt (Anlage, HMI, weitere Steuerungen) ermöglichen die TQ-Module über drei Wege. Klassische Feldbus-Protokolle – Profibus, Profinet, EtherCAT (nur mit CODESYS Runtime) – werden seit langem bei Automatisierung und in Fertigungsanlagen eingesetzt und sind entsprechend weit verbreitet. Ein TQ-Modul kann in eine bestehende Feldbus-Infrastruktur eingesetzt oder für den Aufbau einer neuen Anlage eingeplant werden. OPC UA TSN ist die Kombination eines offenen, plattformunabhängigen Standards zum Datenaustausch mit echtzeitfähigem Standard-Ethernet.

Software-Komponenten

Das SPS Runtime Environment ist eine User-Space-Anwendung, die eine Schnittstelle zwischen einem allgemeinen Betriebssystem und einem Anwenderprogramm nach IEC 61131/61499 implementiert. TQ bietet eine BSP-Lösung für zwei Implementierung einer solchen Laufzeitumgebung an.

CODESYS

CODESYS ist eine herstellerunabhängige Implementierung von IEC 61131-3, deren Nutzung mit dem Erwerb einer kostenpflichtigen Lizenz verbunden ist. Zur Basisfunktionalität können weitere Funktionen (Protokoll-Stacks, Plug-Ins für die Entwicklungsumgebung) hinzu lizenziert werden. CODESYS bietet außerdem eine kostenfreie Entwicklungsumgebung, mit der CODESYS-Steuerungen programmiert und konfiguriert werden können. Aufgrund der Lizenzbestimmungen von CODESYS kann TQ die CODESYS Laufzeitumgebung nicht direkt ins BSP einbauen, sondern stellt auf Anfrage ein CODESYS-ready BSP bereit. Dieses BSP enthält alle Abhängigkeiten zur Installation des über den CODESYS-Store erhältlichen Runtime-Pakets.

CODESYS unterstützt eine Vielzahl an Hardware und Technologien und ist weit verbreitet im industriellen Umfeld. Die Entwicklungsumgebung unterstützt den Anwendungsentwickler u.a. mit Bibliotheksverwaltung, Deklarationshilfen für Variablen und der Debug-funktionalität für laufende Programme.

Ziel dieser Kombination ist die Ausweitung der Vernetzung von Maschinen unterschiedlicher Hersteller mit unterschiedlichen Kommunikationsprotokollen – mit einem TQ-Modul ist der Kunde so bereit für die Industrie 4.0. Die dritte Variante ist die direkte Ansteuerung der IO-Hardware durch einen Co-Prozessor (CPLD, FPGA, Mikrocontroller) der per I2C, SPI o.Ä. an das TQ-Modul angeschlossen wird.

Eclipse 4diac

Eclipse 4diac ist eine Open-Source Implementierung des IEC 61499 Standards. Ebenso wie CODESYS bietet 4diac eine Laufzeit- und eine Entwicklungsumgebung. Die 4diac Laufzeitumgebung Forte kann dank Eclipse Public License v2 direkt in ein BSP eingebaut werden, sodass der Kunden alle Komponenten zur schnellen Evaluation in einem Image erhält. 4diac unterstützt aktuell weniger Feldbus-Protokolle als CODESYS (z.B. kein Profibus, Profinet, EtherCAT). Allerdings unterstützt 4diac OPC UA und TSN, womit eine echtzeitfähige quasi-Feldbus-Infrastruktur realisiert werden kann.

4diac Forte ist durch seine quelloffene Implementierung eine Alternative für Neuentwicklungen (CODESYS bisher nicht genutzt) oder Prototyping. Zusätzliche Funktionsblöcke können in IEC 61131 Sprachen oder anderen Hochsprachen (C/C++, Java) implementiert werden und die Entwicklungsumgebung unterstützt die Live-Auswertung einer laufenden Anwendung (Debugging), allerdings nicht in gleichem Umfang wie das CODESYS Development System.

Hello World

Für Neueinsteiger in die SPS-Programmierung kann TQ auf Anfrage eine Demonstrationsanwendung für beide Runtimes zur Verfügung stellen. Die Demo-Anwendung nutzt ausschließlich die auf einem TQ-Starterkit verfügbare Hardware. Beim STKa64xxL ist das ein Button und zwei LEDs.

Der Button liefert über folgende Codierung drei Eingangssignale:

- Einmal kurz drücken (SINGLE)
- Zweimal kurz drücken (DOUBLE)
- Lang drücken (LONG)

Das SPS-Anwenderprogramm enthält einen Modulo-4-Zähler, der mittels dieser Eingangssignale gesteuert wird:

- SINGLE: inkrementiert Zählerwert um 1
- DOUBLE: schaltet automatisches Inkrementieren um
- LONG: setzt Zählerwert auf 0 (Reset)

Der aktuelle Zustand des Zählers wird durch zwei LEDs nach außen sichtbar gemacht. Für CODESYS gibt es zusätzlich eine Webvisualisierung. Diese kann über einen Webserver auf dem Starterkit (von CODESYS verwaltet/ gestartet) aufgerufen werden.



Abbildung 4: CODESYS Web-Visualisierung

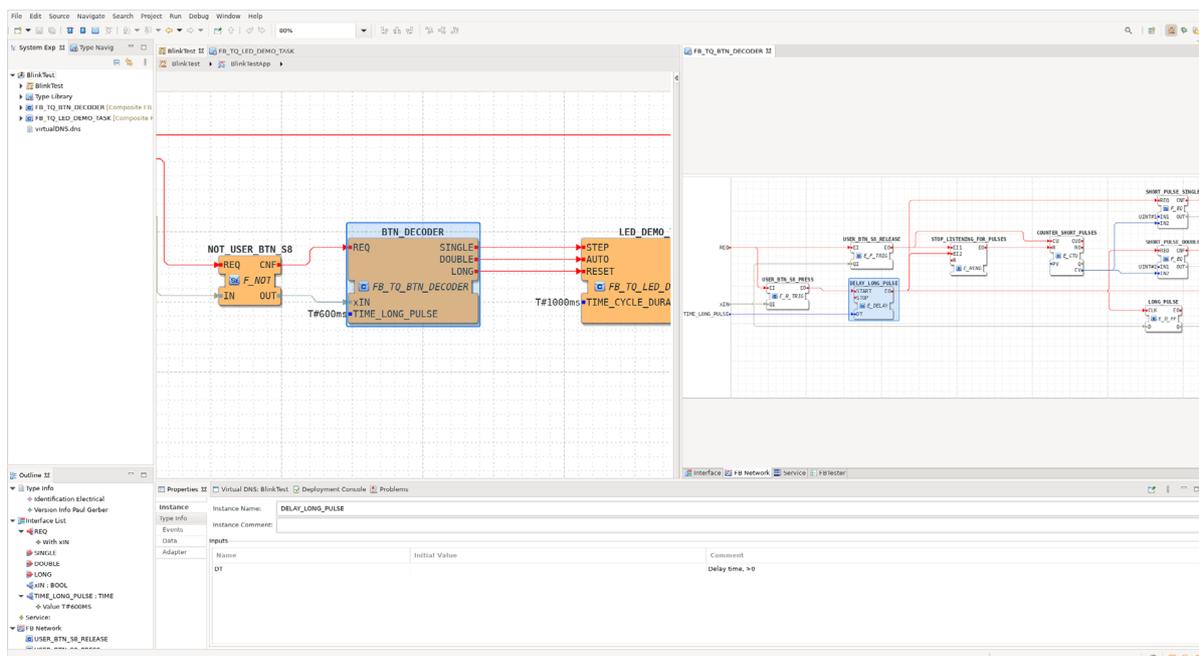


Abbildung 5: 4diac IDE mit TQ Demo-Anwendung

Fazit

Die bewährte SPS-Technologie bekommt mit dem TQ-Paket bestehend aus Modul-Hardware, BSP und Soft-SPS einen neuen Schub: Die nur 38 mm x 38 mm abmessenden Module können in Geräte und Anwendungen integriert werden, die bislang aus Platzgründen darauf verzichten mussten. Zusätzlich gibt es mehr Freiheiten für die Software-Entwicklung und verbesserte Kommunikationsmöglichkeiten. Die Steuerungen können so vor Ort zuverlässig ihre Aufgaben erfüllen und sind gleichzeitig flexibel für neue Automationskonzepte sowie gesetzliche Vorgaben wie gesteigerte Security-Maßnahmen.

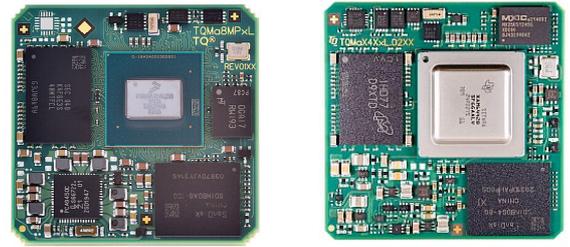


Abbildung 6: Die Auflötmodule TQMa8MPxL und TQMa64xxL



Über den Autor

Konrad Zöpf ist Produkt Manager für ARM-basierte Embedded-Module und -Systeme bei TQ-Systems GmbH in Seefeld bei München. Zudem ist er stellvertretender Geschäftsbereichsleiter von TQ Embedded. Er ist Autor mehrerer Fachartikel zu den Themen ARM-Module und -Systeme in Verbindung zu IOT, Security und Wireless.

Das **Technologie-Unternehmen TQ-Group** bietet das komplette Leistungsspektrum von der Entwicklung, Produktion und Service bis hin zum Produktlebenszyklusmanagement. Die Dienstleistungen umfassen dabei Baugruppen, Geräte und Systeme inklusive Hardware, Software und Mechanik. Kunden können bei TQ sämtliche Leistungen modular als Einzelleistungen wie auch im Komplettpaket entsprechend ihrer individuellen Anforderungen beziehen. Standardprodukte wie fertige Mikrocontrollermodule (Mini-module), Antriebs- und Automatisierungslösungen ergänzen das Dienstleistungsspektrum.

Die TQ-Group beschäftigt an den Standorten Delling, Seefeld, Inning, Murnau, Peißenberg, Peiting, Durach im Allgäu, Wetter an der Ruhr, Chemnitz, Leipzig, Fontaines (Schweiz), Shanghai (China) und Chesapeake (USA) insgesamt rund 2.000 Mitarbeiter.

Ihr Kontakt zu TQ

Sie möchten mehr darüber erfahren, wie TQ-Systems Sie beim Thema Soft SPS unterstützen kann?

✉ info@tq-embedded.com

🌐 www.tq-group.com/de/produkte/tq-embedded/arm-architektur