

MAC PHY und IP Stack für neues Protokoll

# Ethernet-APL zum Laufen bringen

*Der neue Datenkommunikationsstandard Ethernet-APL ist seit Juni Realität.*

*Die beiden Unternehmen Analog Devices und Segger Microcontroller bieten dafür eine passende Kombination aus Ethernet-MAC-PHY-Baustein und IP Stack an. Oliver Olligs und Frank Riemenschneider von Segger Microcontroller erläutern die Hintergründe.*



OLIVER OLLIGS,  
SEGGER MICROCONTROLLER

„Der emNet-Stack und seine Komponenten sind primär für Embedded-Anwendungen entwickelt, können aber in allen Geräten verwendet werden, die ANSI-C-Code verwenden können.“



FRANK RIEMENSCHNEIDER,  
SEGGER MICROCONTROLLER

„Branchenexperten erwarten, dass Ethernet-APL neben der Prozessautomatisierung mittelfristig auch in die Fabrik- und Gebäudeautomatisierung hineinwächst.“

## Markt&Technik: Für welche Anwendungen ist der emNet IP Stack ausgelegt und geeignet?

*Oliver Olligs, Product Manager emNet:* Prinzipiell wurden der emNet IP Stack und seine Komponenten zunächst für Embedded-Anwendungen entwickelt. Er ist aber nicht auf die Embedded-Nutzung beschränkt, sondern kann auch für größere Projekte bis hin zum PC-Bereich verwendet werden. Das ist allein der entsprechenden Anwendung geschuldet.

In Multiprotokoll-Module für die industrielle Kommunikation, wie sie am Markt häufig zu finden sind, lässt sich der Stack ebenfalls integrieren. Und für Automatisierungstechnik-Hersteller, die eine kompakte oder modulare Steuerung mit Connectivity ausstatten wollen, eignet er sich gleichermaßen. Es kommt dann auf die Treiber für den Stack an, sprich: auf die Anbindung an die entsprechenden Endgeräte und speziell deren Ethernet Controller. Alle Komponenten sind komplett in ANSI-C geschrieben und dadurch flexibel einsetzbar – prinzipiell kann er in allen Geräten laufen und in Projekte eingebunden werden, die ANSI-C-Code implementieren können.

## Welche Aufgaben und Funktionen erfüllt der Stack generell und speziell in der Ethernet-APL-Anwendung mit dem MAC-PHY-Baustein ADIN1110 von Analog Devices?

*Olligs:* Generell übt der Stack alle grundlegenden Kommunikationsfunktionen aus. Er unterteilt sich in mehrere Bereiche: Der Core oder Kern des Stacks sorgt für die grundlegende Kommunikation zwischen den Modulen bzw. den Protokollen und lässt sich erweitern durch verschiedene Protokolle wie etwa TCP, IP oder

UDP, also um genau das, was die entsprechende Applikation benötigt, ohne Ressourcen zu beanspruchen, die sie hinterher nicht braucht.

In der Ethernet-APL-Anwendung mit dem ADIN1110 erledigt der Stack prinzipiell dieselben Aufgaben wie in anderen Anwendungen: nämlich die Kommunikation sowohl für High-Level- als auch für Low-Level-Protokolle. Er kümmert sich also um die Protokollbehandlung, indem er Pakete zum Senden formt und die empfangenen Pakete annimmt. Die Anbindung des Stacks an Peripheriekomponenten wie etwa den ADIN1110 ist dabei flexibel und geschieht über unsere Treiber. Was Sie auf dieser Basis an Protokollen laufen lassen wollen – Standard-Ethernet-TCP/IP, UDP, TLS, bis hin zu Ihrem ganz eigenen Protokoll – ist ebenfalls flexibel, je nachdem, was Sie für Ihre Applikation benötigen.

### **Welche Aufgaben erfüllt in dem System der ADIN1110?**

*Olligs:* Der ADIN1110 kümmert sich um den Transfer von der und in die Leitung; er empfängt die Pakete, die er dann dem Stack zur Verfügung stellt, und sendet die vom Stack geformten Pakete ab. Er verhält sich also mehr oder weniger wie ein regulärer PHY, mit ein bisschen mehr Intelligenz, um den Datenaustausch zwischen Stack und Leitung zu vollziehen.

### **Lassen sich die Treiber als integralen Bestandteil des Stacks betrachten oder laufen sie separat in dem Low-Power-Mikrocontroller mit, der im System integriert ist?**

*Olligs:* Die Treiber laufen im Mikrocontroller mit, genau dort, wo auch der Stack läuft, und sorgen für die Anbindung via externer Peripherie, beispielsweise für den ADIN1110 über SPI. Prinzipiell ist der Treiber zunächst als Teil des Stacks zu sehen; er ist aber eine Erweiterung für den Stack, das heißt, Treiber und Stack sind nicht fest verbunden, alles ist frei kombinierbar.

### **Dienen die Treiber also zusammen mit SPI als die beiden entscheidenden Schnittstellen-Elemente?**

*Olligs:* Ja. Der Treiber ist entweder für den integrierten Controller gedacht – wenn es kein separater Ultra-Low-Power-Mikrocontroller ist, dann ist alles intern – oder für einen externen Controller, dann ist der Treiber entsprechend die Schnittstelle zur externen Peripherie.

### **Müssen der MAC PHY und der Ultra-Low-Power-Mikrocontroller auf der Leiterplatte nebeneinander angeordnet sein?**

*Olligs:* Sie können nebeneinander angeordnet sein, müssen es aber nicht unbedingt. Im Falle des ADIN1110 arbeiten wir mit dem Evaluation Kit EVAL-ADIN1110EBZ. Für unsere Entwicklung schließen wir das Evaluation Board einfach via SPI an ein Board mit einem Ultra-Low-Power-Mikrocontroller via SPI an, etwa einem STM32 von STMicroelectronics.

### **Welche Vorteile hat SPI als Schnittstelle für das Kommunikationssystem aus ADIN1110 mit Ultra-Low-Power-Mikrocontroller plus emNet-Stack?**

*Olligs:* Der entscheidende Vorteil ist die Flexibilität. SPI kann eine Board-to-Board-Schnittstelle sein oder eine Verbindung zwischen zwei ICs auf ein und demselben Board. In Endgeräten würde sich der ADIN1110 aber wahrscheinlich auf derselben Platine befinden wie der Ultra-Low-Power-Mikrocontroller. SPI ist dann einfach eine Verbindung beider Komponenten durch eine Leiterbahn hindurch.

### **Welche Peripheriekomponenten sind dann erforderlich, damit das Kommunikationssystem auf einer einzigen Leiterplatte laufen kann?**

*Olligs:* Nötig sind dann sicherlich noch ein paar grundlegende Bauelemente um den Mikrocontroller und den ADIN1110 selbst drum herum, etwa Widerstände, taktgebende Quarze und andere Kleinigkeiten. Weitere komplexere Komponenten sind für das Kommunikationssystem als solches nicht erforderlich. Der prinzipielle Aufbau besteht aus dem Mikrocontroller, dem ADIN1110 und der SPI-Schnittstelle als Verbindung zwischen den beiden Bausteinen.

Der ADIN1110 wiederum braucht eine Klemme für den Two-Pair-Draht, also für die eigentliche Netzwerkkommunikation. Aber die grundlegenden Komponenten auf der Platine für die Kommunikation sind der Mikrocontroller, die SPI-Schnittstelle und der ADIN1110.

### **Welche Alleinstellungsmerkmale hat der emNet IP Stack im Blick auf die Anwendung mit dem ADIN1110?**

*Olligs:* Der große Vorteil des emNet Stacks ist, dass er für Embedded-Anwendungen optimiert entwickelt ist, sprich: alles ist dynamisch konfigurierbar und kompakt. Wir sorgen also dafür, dass der Code vom Umfang her klein bleibt und sein Speicherbedarf möglichst nicht wächst. Zudem legen wir Wert darauf, dass er einen kleinen Footprint für Flash und RAM hat. Der Stack ist getestet mit Konfigurationen bis hinunter auf etwa 5 kB RAM, was im Vergleich zum Wettbewerbsumfeld ebenfalls nicht selbstverständlich ist.

Ein weiteres Alleinstellungsmerkmal des emNet Stacks ist, dass wir in unseren Produkten generell die Verwendung von Heap-Datenstrukturen vermeiden, das heißt, wir vermeiden dynamische Allokation von „fremdem System-Speicher“ und versuchen, den Speicherverbrauch planbar zu machen. Es gibt eine eigene emNet-Speicherverwaltung, die aber nur das benutzt, was vorher zur Verfügung gestellt worden ist. Das heißt, wenn eine Konfiguration dem kompletten Stack mit Treiber nur 5 kB zur Verfügung stellt, dann bleibt es, abgesehen von statischen Variablen und Strukturen, auch bei den 5 kB. Es kann natürlich sein, dass dadurch die Nutzbarkeit eingeschränkt ist, aber das kommt auf die Anwendung an. Generell bleibt der Speicherverbrauch planbar, und Anwender bekommen eine entsprechende Fehler- und Warnmeldung, wenn der Speicherverbrauch nicht mehr zur Konfiguration passt.

Außer dass wir speichersensitiv arbeiten, achten wir darauf, dass das Ganze trotzdem noch leistungsfähig bleibt. Die Performance leidet meist nicht darunter, dass der Speicherbedarf drastisch eingeschränkt wird; Anwender müs-

Anzeige



**emlix**  
embedded linux systems

**IEC 62304 Embedded Linux**

- Spezifikation
- Validierte Tools
- BSP-Dokumentation
- Testautomation
- Life Cycle-Wartung

[www.emlix.com](http://www.emlix.com)



Bild: Segger Microcontroller

Der MAC-PHY-Baustein ADIN1110 von Analog Devices und der IP Stack emNet von Segger Microcontroller bilden jetzt eine gemeinsame Kommunikationslösung für Ethernet-APL.

sen eventuell nur mit etwas weniger Verbindungen planen. Die Grenze nach oben hin ist erstmal offen, sodass sich der emNet Stack sowohl für kleine Ultra-Low-Power-Mikrocontroller eignet, die so gut wie keinen Speicher haben, als auch für größere Projekte etwa mit Arm-Cortex-A-Prozessoren und externem Speicher. Anwender können dann beliebig viele Verbindungen handhaben, was dann entsprechend Speicher erfordert.

Zudem ist der Stack erweiterbar: Wir haben diverse Add-ons, die sich sowohl auf High-Level-Protokolle in Richtung IoT beziehen als auch auf Low-Level-Protokolle, die entweder schon direkt integriert sind – ARP (Address Resolution Protocol), TCP, IP und UDP – oder von uns teilweise unterstützt werden, soweit es sinnvoll ist und soweit sie auch wirklich benutzt werden.

### Welche Alleinstellungsmerkmale schreiben Sie der Kombination aus emNet IP Stack und ADIN1110 zu?

*Olligs:* Die Alleinstellungsmerkmale des emNet Stacks zusammen mit dem ADIN1110 liegen darin, dass das Gesamtkonzept für Endkunden variabler planbar wird. Ein Alleinstellungsmerkmal des ADIN1110 ist nämlich, dass er sich per SPI anbinden lässt. Andere PHY-Bausteine können nur per (R)MII-Schnittstelle (Reduced Media-Independent Interface) angebunden werden, was aber voraussetzt, dass der Mikrocontroller eine (R)MII-Schnittstelle hat, sprich: einen Ethernet Controller. Wer auf den ADIN1110 setzt, der sich auch per SPI anbinden lässt, kann ihn nicht nur mit einem aktuellen Ultra-Low-Power-Mikrocontroller nutzen, sondern das Konzept auch in weiteren Designs verwenden, weil es mit jeder CPU funktioniert.

### Welche Rolle spielt die RMI-Schnittstelle?

*Olligs:* MII oder RMI ist eine standardisierte Schnittstelle in Verbindungen zwischen Ethernet-Controller und PHY. Mit dem ADIN1110 funktioniert dies prinzipiell auch, aber das Alleinstellungsmerkmal des ADIN1110 ist, dass er sich zusätzlich per SPI anbinden lässt, was ihn universell einsetzbar macht, auch wenn die CPU keinen richtigen Ethernet Controller enthält. Der ADIN1110 übernimmt hier die Rolle eines externen Ethernet Controllers, der ansonsten ein weiteres extern benötigtes Bauteil darstellt.

### Warum ist der geringe Speicherverbrauch in solchen Anwendungen so wichtig?

*Frank Riemenschneider, Senior Marketing and PR Manager:* Die Notwendigkeit zum ULP-Mikrocontroller kommt daher, dass man mit dem Feldgerät die T6-Temperaturanforderung aus Ex-Sicht erfüllen möchte. Das bedeutet nämlich, dass das Gerät auch im Fehlerfall deutlich weniger als die 540 mW aufnehmen darf. Das Design einer ULP-MCU ist durch diverse Energiesparmaßnahmen gekennzeichnet, seien es die Shutdown-, Stop- und Standby-Modi, kurze Wakeup-Zeiten, die Stromversorgung mit geringen Spannungen oder spezielle Cache-Architekturen wie etwa der ART-Accelerator von STMicroelectronics. Von der gesamten Power Consumption eines Mikrocontrollers entfällt letztlich jedoch ein signifikanter Anteil auf den Flash-Speicher. Je kleiner man den Flash-Speicher bekommt, desto mehr Energie spart man. Genau deswegen ist es wichtig, eine Software zu haben, die mit minimalem Verbrauch von Flash-Speicher hinkommt. emNet ist auf einen Markt zugeschnitten, der trotz einem geringen Speicher-Footprint nicht auf Performance verzichten will oder kann.

Die Kombination aus dem geringen Speicher-Footprint, der hohen Performance und der Erweiterbarkeit, ohne sich einzuschränken, ist das Gesamtpaket, das die Alleinstellung von emNet ausmacht.

Wenn man einen Mikrocontroller nähme mit integriertem MAC, dann wäre das normalerweise ein umfangreicheres Device, das nicht primär als Ultra-Low-Power Controller design wurde. In diesem Fall lässt sich das System im Zweifel nicht mehr in explosionsgefährdeten Umgebungen einsetzen – und darauf kommt es ja in der Prozessautomatisierung schließlich an.

### Wie schätzen Sie die Bedeutung von Ethernet-APL für die Prozessautomatisierung ein, und welche Anwendung außer

### der Prozessautomatisierung könnte es für Ethernet-APL geben?

*Riemenschneider:* Branchenexperten erwarten, dass Ethernet-APL neben der Prozessautomatisierung mittelfristig auch in die Fabrik- und Gebäudeautomatisierung hineinwächst. Insofern ist der Gesamtmarkt natürlich gigantisch. Wer betrachtet, wie viele Endgeräte, sprich: Ventile oder Durchfluss- und Füllstandmessgeräte, große Chemieunternehmen in ihren Anlagen betreiben, kann abschätzen, welche Stückzahlen insgesamt dahinterstecken. Und sobald noch Fabrik- und Gebäudeautomatisierung hinzukommen, vervielfacht sich dies nochmal. Wenn im Zuge von Industrie 4.0 IT und OT zusammenwachsen – genau dies ist das Ziel, und Ethernet ist in der IT eben Standard –, ist es sinnvoll und folgerichtig, das zu harmonisieren.

### Wenn Ethernet-APL tatsächlich in die Fabrikautomatisierung vordringt, als Single Pair Ethernet mit Ethernet-APL – könnte das die Bedeutung von TSN und OPC UA als Industrie-4.0-Protokolle schmälern?

*Riemenschneider:* Die Antwort wird letztlich der Markt geben, aber wenn man diese Aspekte rein sachlich von der Technologie her betrachtet, ist es eigentlich logisch, auf Single Pair Ethernet mit Ethernet-APL zu setzen. Die technischen Eigenschaften sprechen für sich: Kabellängen bis 1 km, ein einziges Adernpaar – all das ist ja nicht nur ein Protokollthema, sondern auch und vor allem ein Verkabelungsthema. Die Installation ist denkbar einfach; es gibt auf der Spur-Ebene sogar einen Verpolungsschutz; Anwender können Steckverbindungen aufbauen, wie sie wollen, und dabei viel Zeit sparen, eben weil es so simpel ist. Große Hersteller arbeiten mit Hochdruck an Produkten und erwarten riesige Stückzahlen in den nächsten Jahren, sodass wir insofern optimistisch in die Zukunft sehen können.

### Welche Roadmap verfolgt Segger für seinen emNet IP Stack?

*Olligs:* Auf Anfrage bereits verfügbar ist der Treiber für das Zusammenwirken mit dem ADIN1110, sprich: wir haben also schon einen funktionsfähigen Treiber. Die aktuelle Transfer rate liegt bei etwa 300 kB. Geplant ist, bis zum Ende des Jahres die von Analog Devices in Aussicht gestellten 1 MB zu erreichen. Das heißt, bis zum Ende des Jahres wollen wir den Treiber noch erweitern und optimieren und in Richtung 1 MB/s gehen. Der ADIN1110 ist momentan in Musterstückzahlen lieferbar und wird jetzt allmählich in das Stadium der Massenproduktion übergehen.

Das Interview führte Andreas Knoll.