

Technische Informatik



Teil 3:

Grundlagen Rechnerarchitekturen



Inhalt

3.1 Prozessoren

- Grundlegende Begriffe
- Prozessortypen
- Architekturen
- Steuerwerk und Programm
- Rechenwerk und Register

3.2 Programm- und Datenspeicher

- Speicheraufbau
- Speicherbausteine

3.3 Datenübertragung

- Fehlerursachen
- Fehlererkennung
- Fehlerkorrektur

3.1 Prozessoren

- Grundlegende Begriffe
- Prozessortypen
- Architekturen
- Steuerwerk und Programm
- Rechenwerk und Register

Grundlegende Begriffe

- **Computer**, Digitalrechner
 - Maschine, die Probleme für den Menschen lösen kann

- **Prozessor**, CPU (Central Processing Unit)
 - zentrale Verarbeitungseinheit eines Digitalrechners
 - führt die (ihr gegebene) Befehlssequenz (Programm) aus
 - besteht aus elektronischen Schaltungen, die oft nur grundlegende (einfache) Befehle nachbilden, wie
 - Addiere zwei Zahlen
 - Prüfe eine Zahl, ob sie null ist
 - Lese eine Zahl aus dem Computerspeicher
 - Beispiele
 - Intel 80x86, Intel Core i x, Motorola 68000,
Motorola XSP56001, Atmel ATmega8

- **Maschinensprache**, Befehlssatz
 - elementare Befehle des Prozessors



3.1 Prozessoren

- Grundlegende Begriffe
- Prozessortypen
- Architekturen
- Steuerwerk und Programm
- Rechenwerk und Register

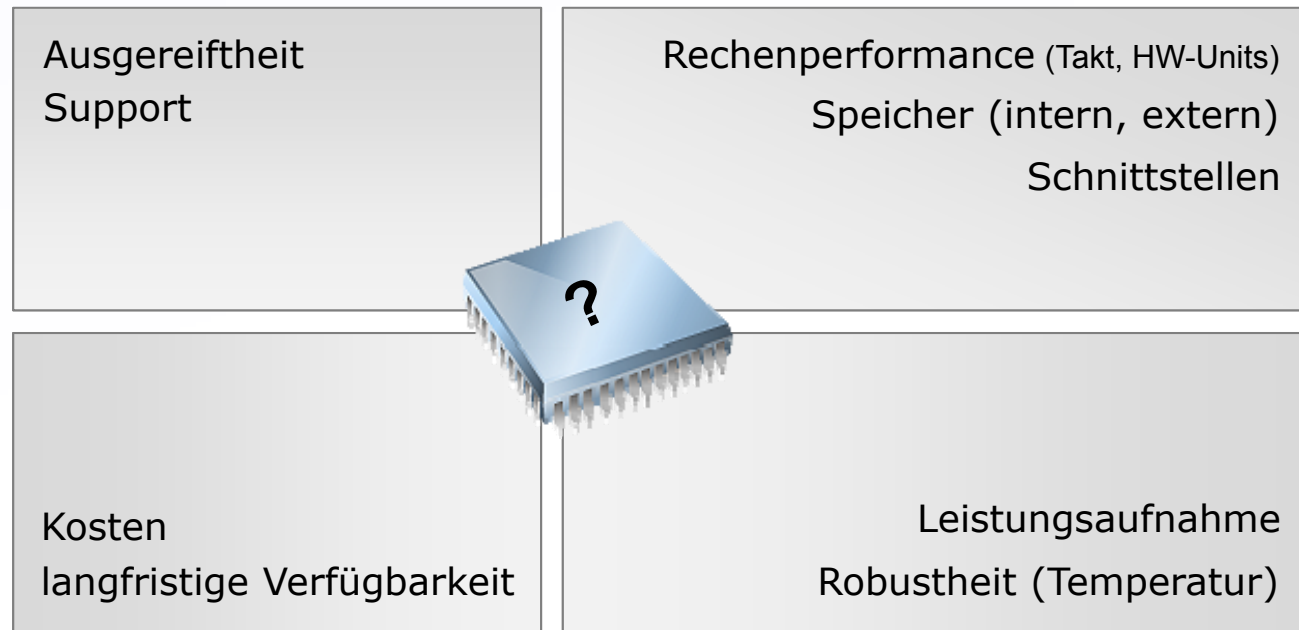
Prozessortypen

– Beispiele

Typ	typischer Einsatz	Beispiel
Mikroprozessoren (μ -Prozessor, μ P)	Standard-PC's	Intel Xeon
Mikrocontroller (μ -Controller, μ C)	Automation, Steuerungen	Atmel ATmega8
Digitale Signalprozessoren (DSP)	Telekommunikation, Multimedia	Texas Instruments C6670
Field Programmable Gate Array (FPGA)	Messtechnik	Xilinx Artix-7
Application-Specific Instruction-set Processor (ASIP)
...		



– Entscheidungskriterien für eine Prozessorauswahl





MOTOROLA



– Mikroprozessoren

(μ -Prozessor, μ P)

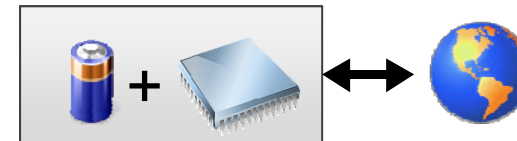
- zentrale Verarbeitungseinheit (Central Processing Unit, CPU) eines Computers
- Aufgaben
 - Ausführung von Programmen / Verarbeitung der Daten
 - Steuern des Speicherzugriff
 - Verwaltung der Hardware / Ansprechen der Peripherie
- Merkmale
 - Daten- und Adressbus sowie Steuerleitungen für Speicher und Peripherie sind aus dem Chip herausgeführt
- Einsatzbereiche
 - Verarbeitung von Daten in hoher Geschwindigkeit
 - z.B. im Personal Computer



– Mikrocontroller
(μ C, μ -Controller, MCU)

▪ Merkmale

- Prozessor + Peripherie auf einem Chip
 - Daten-/Programmspeicher, ggf. EEPROM
 - Schnittstellen (CAN, USB, ser, I²C, PWM, A/D, Digital IO)
 - Timer, Watchdog, interner Oszillator



▪ Basis – zwei Möglichkeiten

- eigens entwickelt
 - [1980] Intel MCS-51 Familie (8Bit), wie der Intel 8051
- oder basierend auf (älteren) Mikroprozessorkernen
 - [1976] Intel MCS-48 Familie (8Bit), wie der Intel 8048 basierend auf den [1974] Intel 8080 (8Bit)

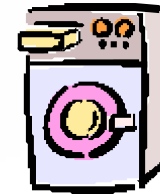
▪ Vorteile

- sehr viele Varianten nach Leistung/Ausstattung verfügbar
- geringe Kosten und Leistungsaufnahme



- Einsatzbereiche

- in fast allen elektronischen Geräten vorhanden
- einfache Steueraufgaben (ursprünglich),
aber zunehmend auch komplexere Aufgaben
- „Embedded Processing“ (minimale Ressourcen)



- Beispiele

- | | |
|--------------------------------------|-------------------|
| – Messwerterfassung und Kalibrierung | °C, bar, Lux |
| – Steuerung/Regelung von Prozessen | Klimasteuerung |
| – Motorsteuerungen | Drehzahlregelung |
| – Kommunikation über Schnittstellen | Gateway/Verteiler |



– Digitale Signalprozessoren (DSP)

▪ Merkmale

- mehrere Daten- und Adressbusse und mehrere Rechenwerke
⇒ gleichzeitiges Ausführen mehrerer Rechenoperationen pro Taktzyklus
- HW-Optimierungen für rechenintensive, regelmäßige arithmetische Operationen (Beispiele – Korrelation, FFT, Matrizenoperationen)
- ausschließlich Harvard-Architektur
⇒ Programm- und Datenspeicher sind (physisch) getrennt

▪ Vorteile

- hohe Rechenperformance bei geringer Stromaufnahme
- optimiert für Signalverarbeitungsaufgaben bei hohen Datenraten (Multimedia, Kommunikationstechnik,...)



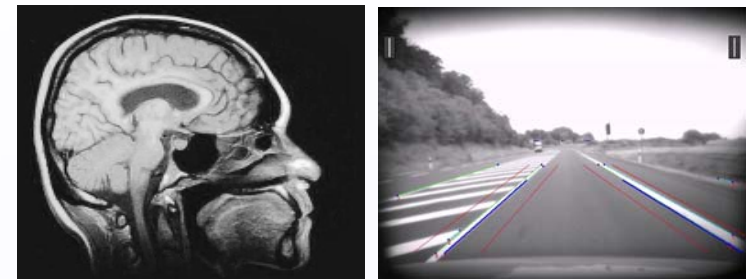
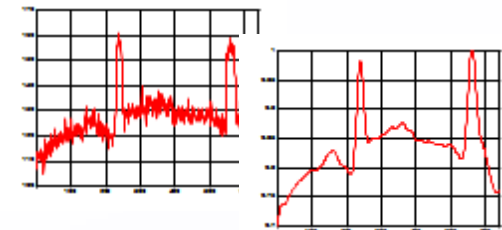
- Einsatzbereiche

- Systeme, in denen strömende (große) Datenmengen schnell verarbeitet werden sollen
- „*Embedded Processing*“ (komplexe Aufgaben)



- Beispiele

- Digitale Filter, Frequenzanalyse
- Mobiltelefon (Echokompensation)
- Spracherkennung und Sprachsynthese
- Radar-/Sonarverarbeitung
- Soundkarte, Digitalkamera
- Datencodierung/-decodierung
- (medizinische) Bildverarbeitung



– Ein paar Zahlen ...

	Device	Hersteller	Busbreite [Bit]	ROM [Kbytes]	EEPROM [Kbytes]	SRAM [Bytes]	Fmax [MHz]	ADC	Strom [mA]
1	C515	Infineon	8	64	--	256	10	1	19
2	ATmega8	Atmel	8	8	0,5	1024	16	8	15
3	ATmega328P	Atmel							
4	ATmega2560	Atmel	8	256	4	8000	16	16	20
5	C167	Infineon	16	128	--	4000	25	16	77
6	AT91SAM7S256	Atmel	32	256	--	64000	55	8	33
7	ADSP-BF561	Analog	32	64	--	256000	1200	--	800

- 1: basiert auf Intel 8051
- 2: 8-Bit μ C, 10 Bit ADC
- 4: leistungstarker 8-Bit μ C
- 5: Nachfolger des C166 (Ersatz für 8051)
- 6: ARM7-Architektur
- 7: Dual Core DSP



– Vergleich μ -Controller vs. DSP



Eigenschaften	μ C	DSP
einfache Steuerungsaufgaben		
komplexe Signalverarbeitung		
Rechenperformance		
Leistungsaufnahme		
Ausgereiftheit		
Kosten		

- je nach Anforderung oft „Arbeitsteilung“
 - Datenverarbeiter (Mikroprozessor oder DSP)
 - Datenübersetzer (μ Controller)



– Beispiel AVR Flash Mikrocontroller der Firma

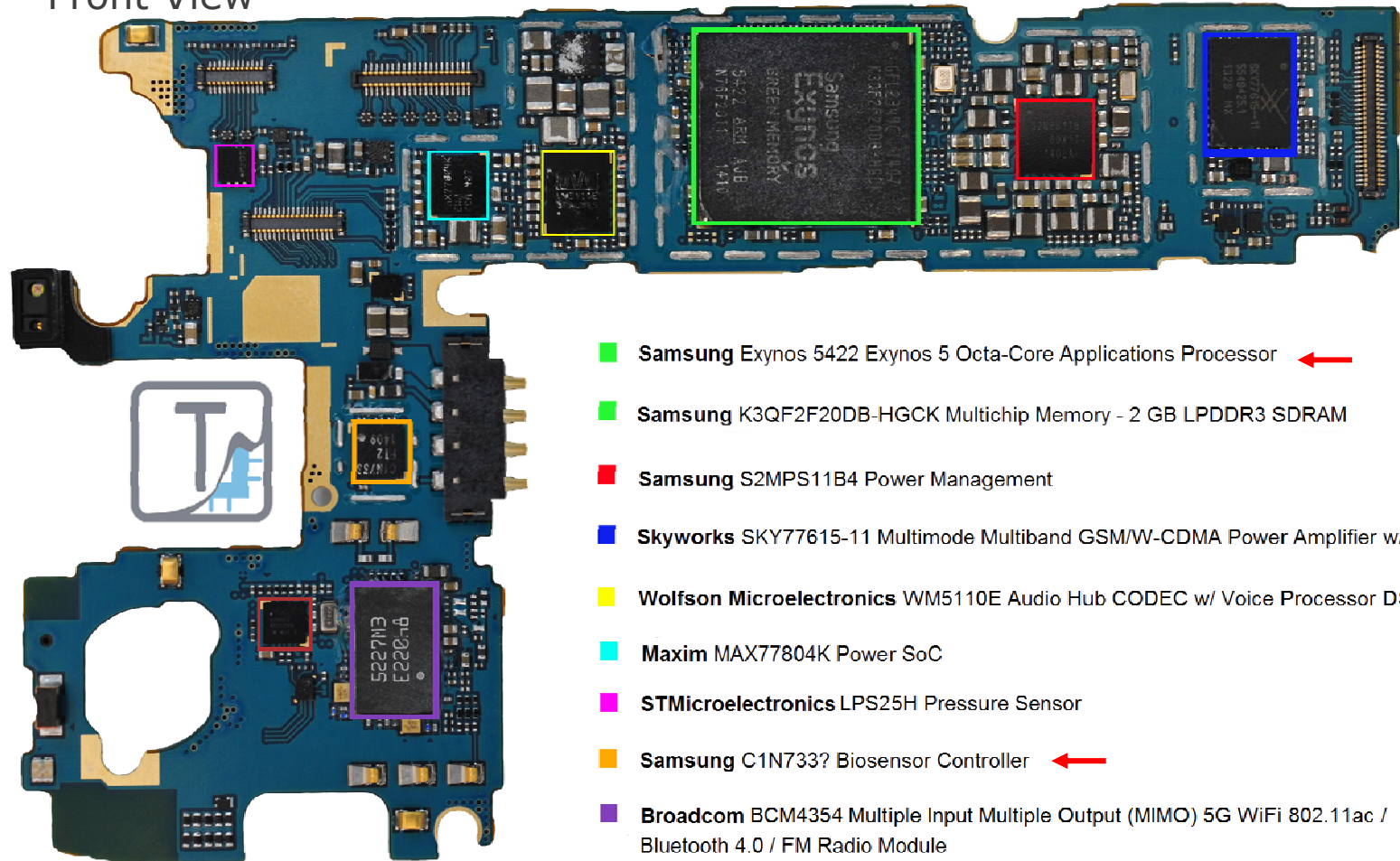


- Einordnung
 - „Familie“ von Flash- μ C's mit kompatibelem Befehlssatz, aber unterschiedlichen Varianten von Peripherie/Speicher
 - Schwerpunkt dieser Veranstaltung: ATmega
- Merkmale
 - Flash-Speicher für Programme (Firmware)
 - SRAM für flüchtige Daten, EEPROM für nichtflüchtige Daten
 - 32 Arbeitsregister (8-Bit)
 - Arithmetisch-Logische-Einheit (ALU) für 8(16)-Bit Daten
 - Schnittstellen zur Ein/Ausgabe digitaler/analoger Daten
 - Timer zur Messung von Zeiten
 - RISC-Struktur (die meisten Befehle in einem Taktzyklus)
 - Taktfrequenz bis zu 20MHz



– Beispiel für ein Multiprozessor System: Smartphone Samsung Galaxy S5

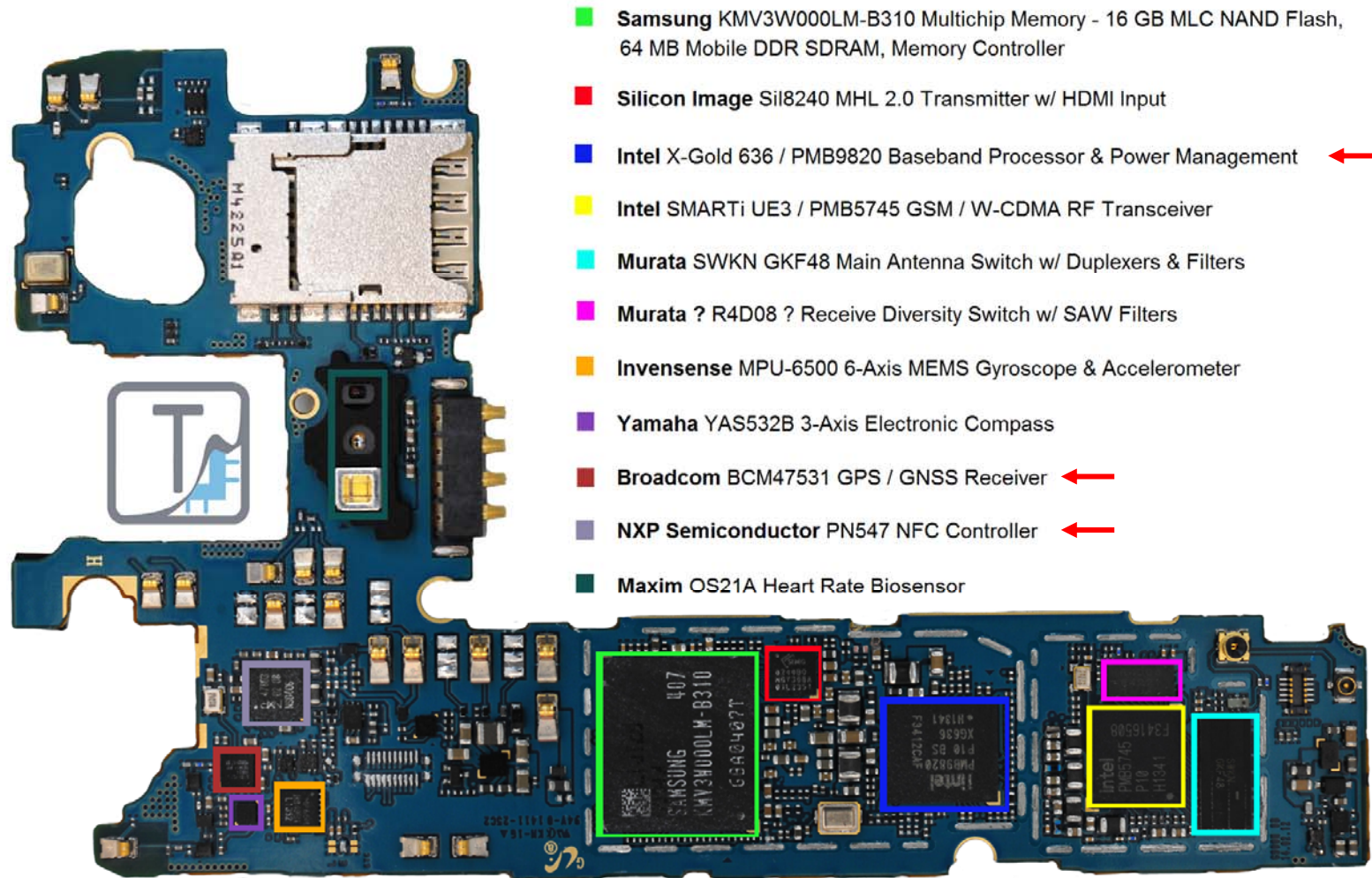
Front View



- Samsung Exynos 5422 Exynos 5 Octa-Core Applications Processor ←
- Samsung K3QF2F20DB-HGCK Multichip Memory - 2 GB LPDDR3 SDRAM
- Samsung S2MPS11B4 Power Management
- Skyworks SKY77615-11 Multimode Multiband GSM/W-CDMA Power Amplifier w/ Switches
- Wolfson Microelectronics WM5110E Audio Hub CODEC w/ Voice Processor DSP ←
- Maxim MAX77804K Power SoC
- STMicroelectronics LPS25H Pressure Sensor
- Samsung C1N733? Biosensor Controller ←
- Broadcom BCM4354 Multiple Input Multiple Output (MIMO) 5G WiFi 802.11ac / Bluetooth 4.0 / FM Radio Module ←
- STMicroelectronics STM32Fxxxx 32-Bit Microcontroller ←

Quelle: www.techinsights.com/teardown.com/samsung-galaxy-S5-teardown

Smartphone Samsung Galaxy S5 Back View



Quelle: www.techinsights.com/teardown.com/samsung-galaxy-S5-teardown

Zusammenfassung

Lernziele

Sie können

- Kriterien für die Auswahl eines Prozessors angeben;
- verschiedene Prozessortypen benennen und exemplarisch deren Haupteigenschaften und Einsatzgebiete zuordnen

Kontrollfragen

- Grenzen Sie die Prozessortypen μC und μP voneinander ab.
- Gibt es mehr Mikrocontroller oder mehr Mikroprozessoren?

Nachbereitung

- Vertiefung: [3] Mikrocontroller und Mikroprozessoren, Kapitel 1.1 Mikroprozessoren, Mikrocontroller, Signalprozessoren und SoC
- Aufgabe: Ergänzen Sie techn. Daten des ATmega328P [ILIAS]

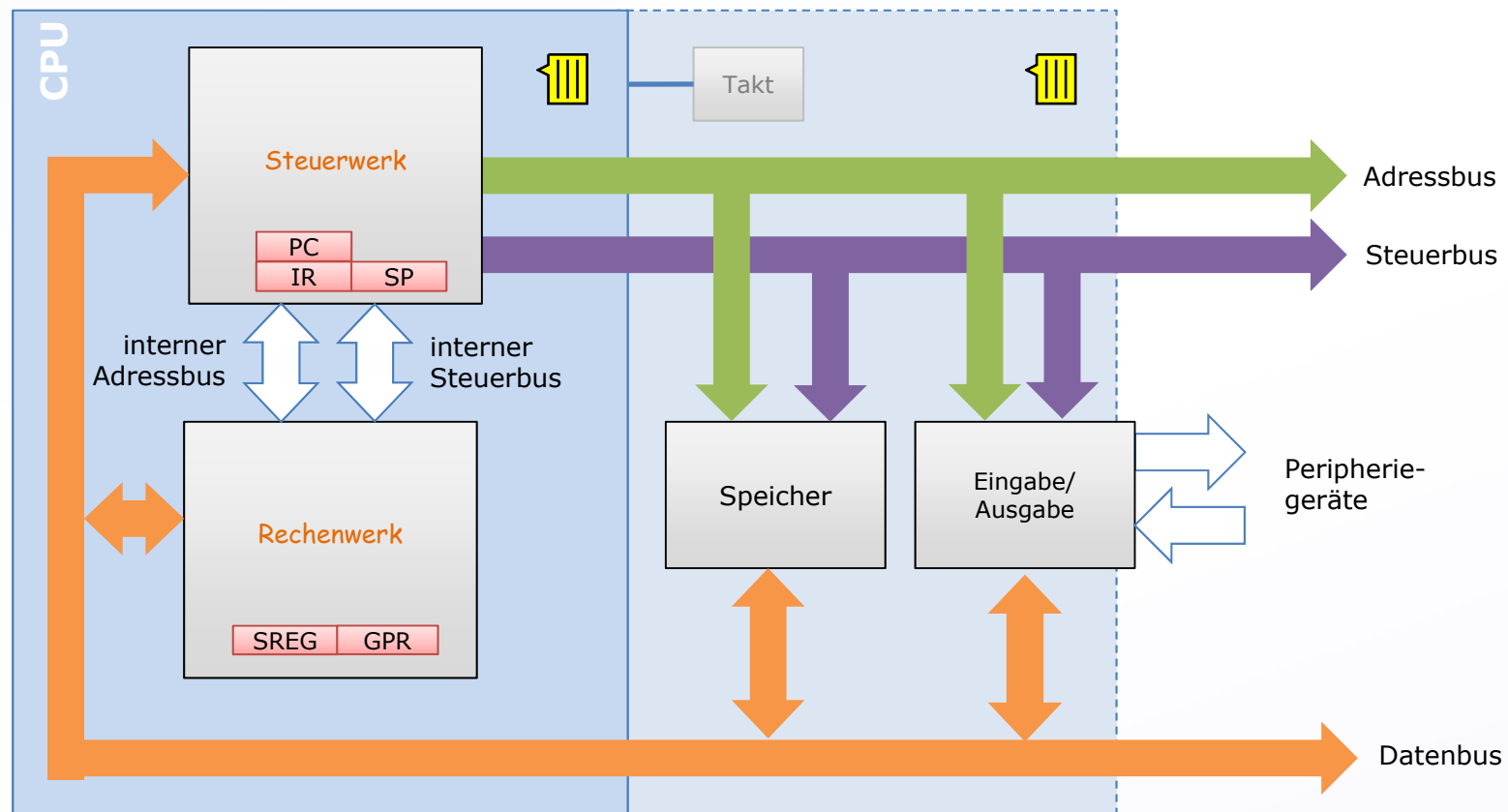


3.1 Prozessoren

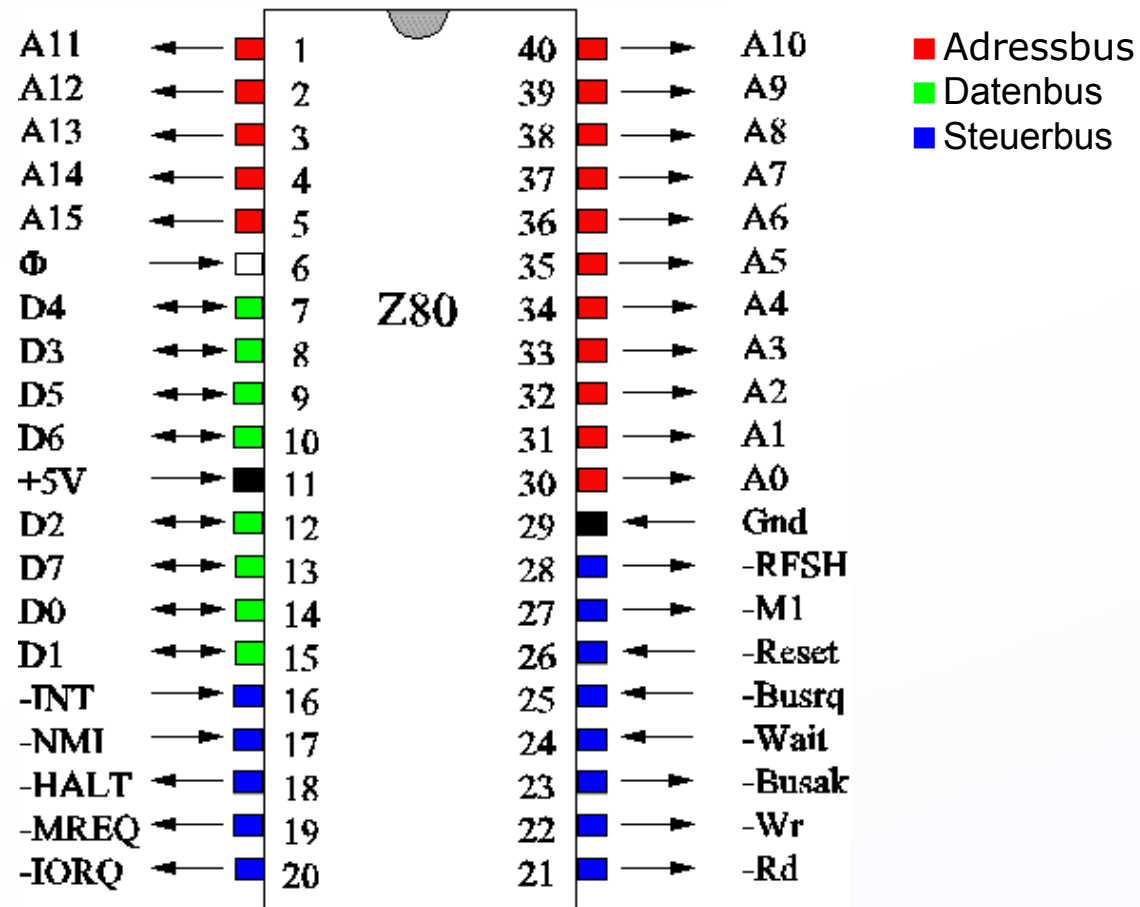
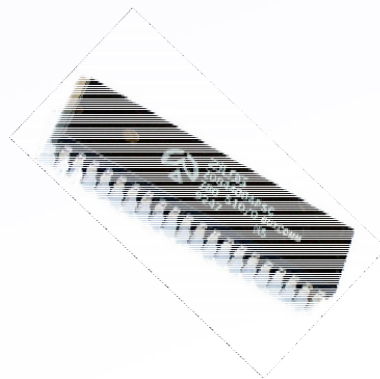
- Grundlegende Begriffe
- Prozessortypen
- **Architekturen**
- Steuerwerk und Programm
- Rechenwerk und Register

Architekturen

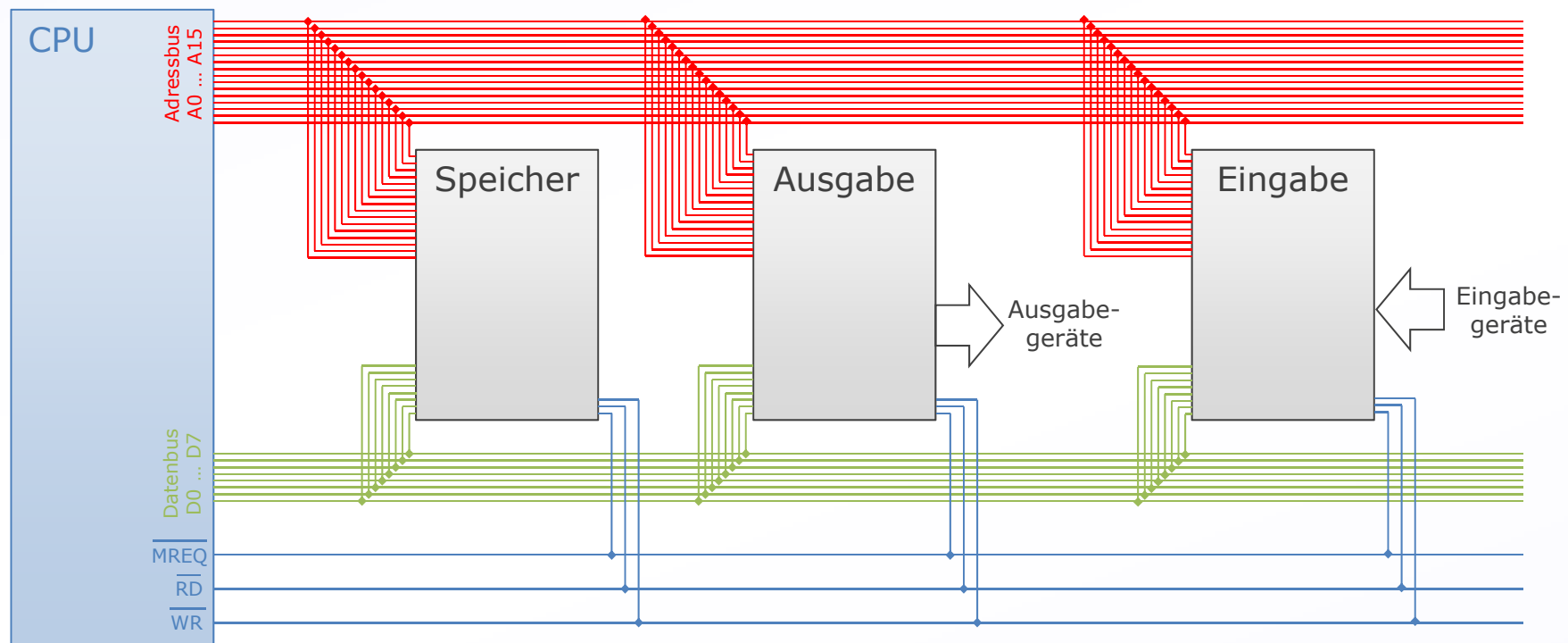
- Aufbau / Funktionale Einheiten *(auch an Tafel)*



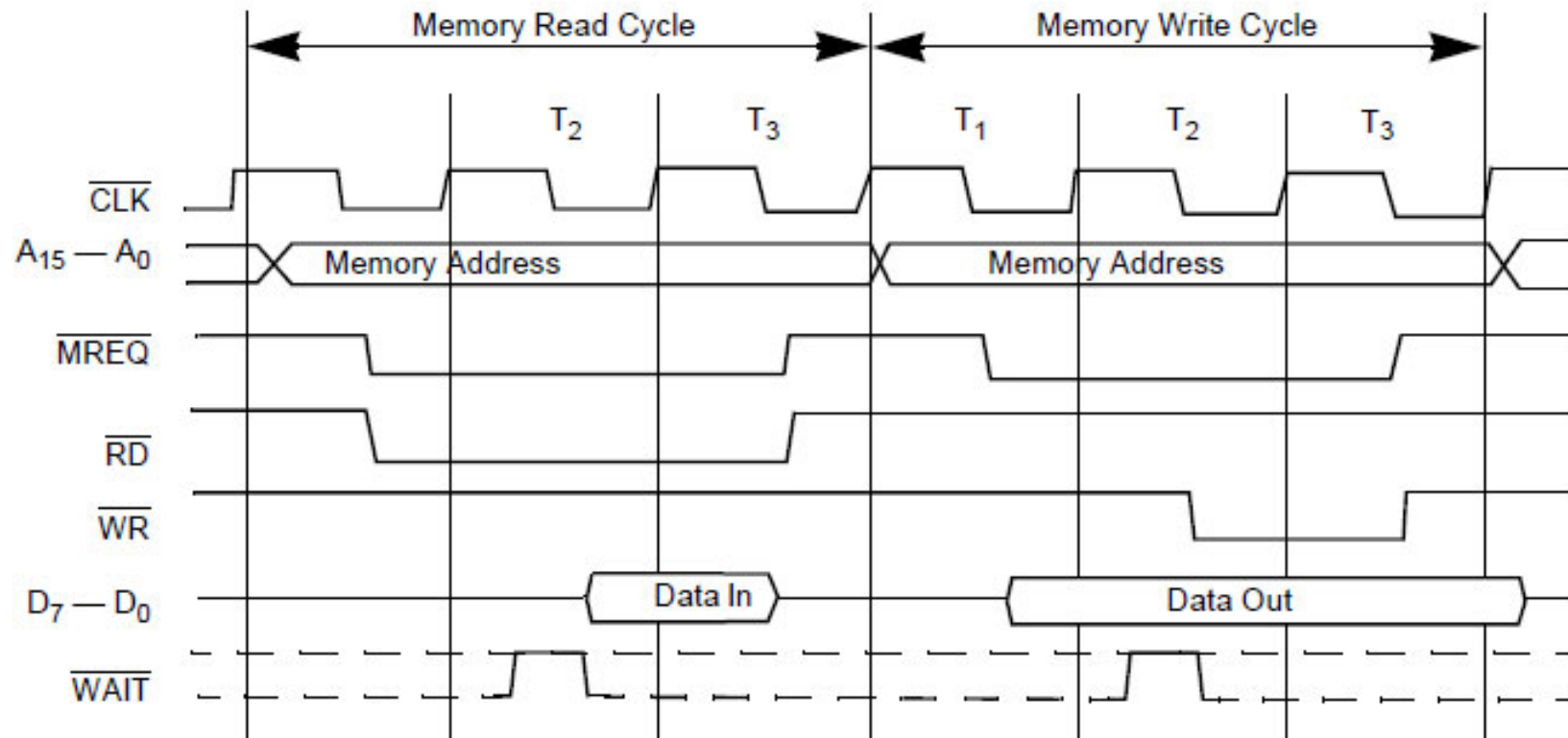
- Busse (Datenleitungen)
 - Beispiel am Zilog Z80



- Busse (Datenleitungen)
 - Beispiel am Zilog Z80



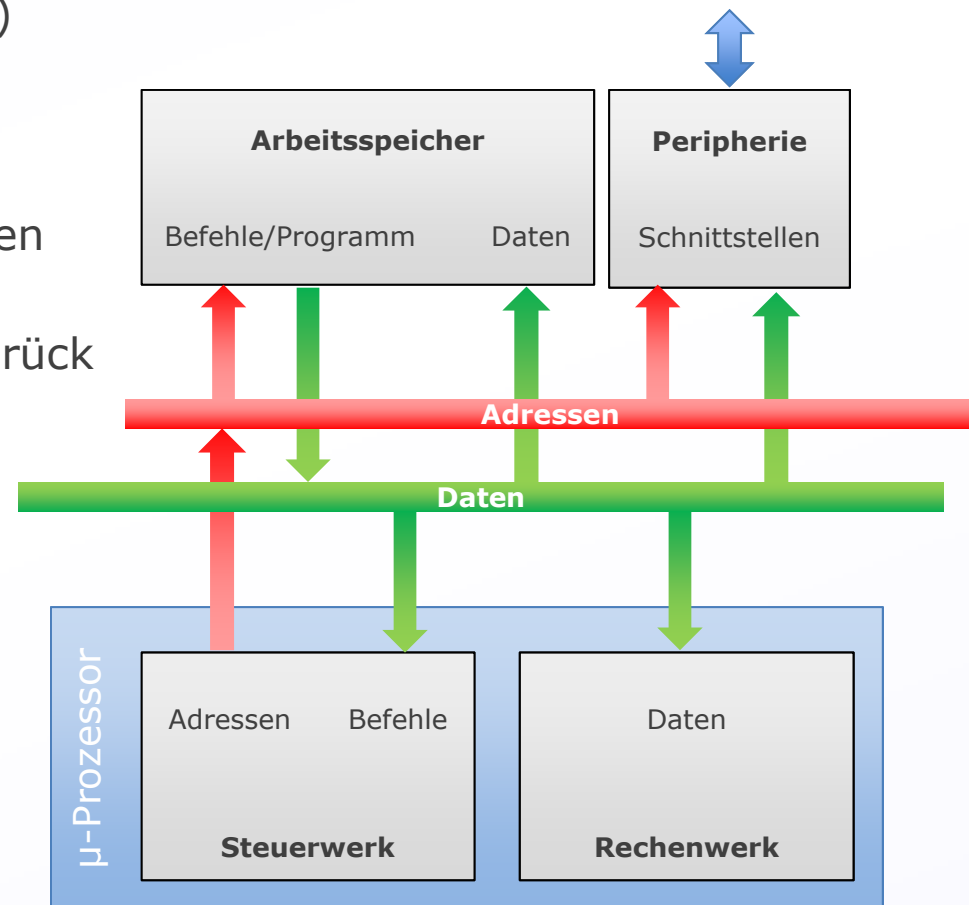
- Busse (Datenleitungen)
 - Beispiel am Zilog Z80



– Von-Neumann-Architektur

▪ Merkmale

- Befehle (Programm) und Daten (Variablen, Text, Bilder, ...) liegen im gemeinsamen Arbeitsspeicher
- Steuerwerk adressiert die gewünschten Befehle/Daten
- Befehle und auch Daten gelangen über den Bus zurück ins Steuer-/Rechenwerk



Zum Verständnis: **Befehlsausführung**

1. Befehl aus dem Speicher holen
2. Befehl dekodieren – Welche Operation ist gemeint?
3. Befehl ausführen



- Vorteile
 - Programme lassen sich im Speicher wie Daten ändern
 - einfache Architektur (nur 1 Datenbus notwendig)
 - flexible Architektur (Größe des Speichers für Programm oder Daten je nach Anwendung variabel)

- Nachteile
 - ungewolltes Überschreiben des Programms (Sicherheit)
 - „Von-Neumann-Flaschenhals“
 - Bus ist Engpass zwischen CPU und Speicher
 - Bus/Speicher bestimmen die Performance des Systems
 - Abhilfe: Datencaches

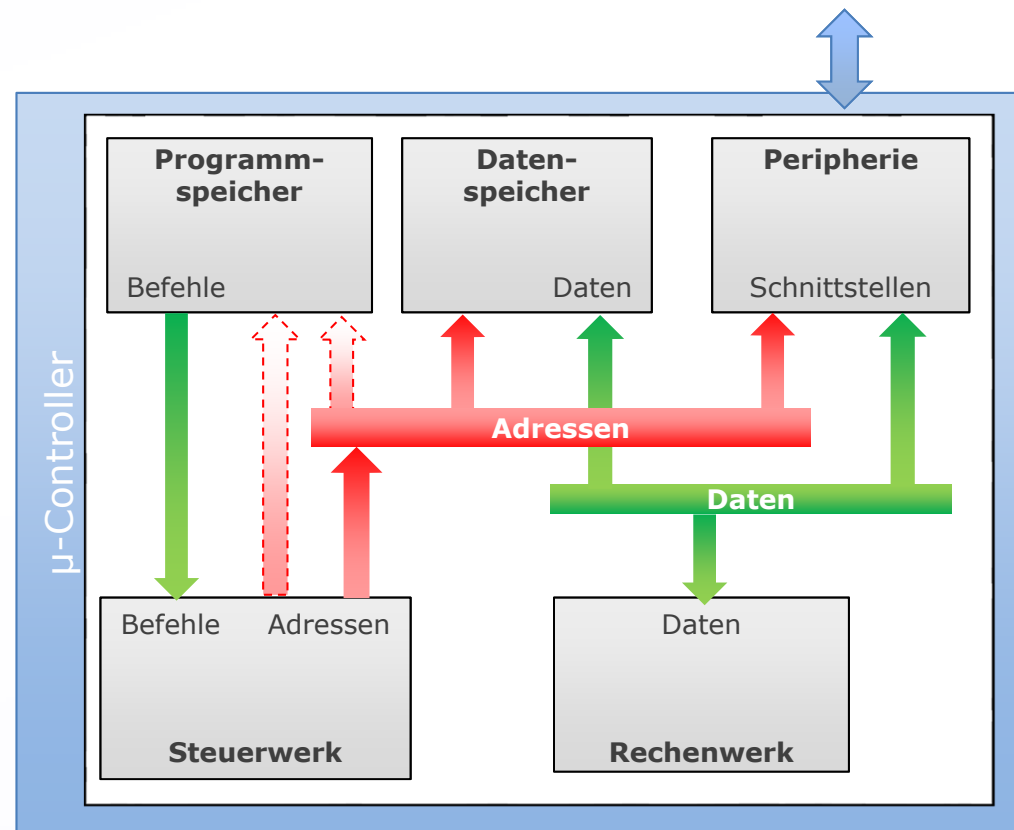
- Einsatz
 - universelle Prozessoren in Heimcomputern, Spielekonsolen und PC's



– Harvard-Architektur

▪ Merkmale

- Befehle und Daten liegen in getrennten Speicherbereichen (i.d.R. separate Daten-/Befehlsbusse, oft auch separate Adressbusse)
- Arten von Adressen
 - Befehlsadressen
 - Datenadressen
 - Portadressen (Peripherie)



- Vorteile
 - Zugriff auf Befehle/Programme erfolgt quasi parallel
 - kein Überschreiben von Programmteilen durch SW-Fehler
- Nachteile
 - nicht benötigter Datenspeicher kann nicht als Programmspeicher genutzt werden
 - Design/Verschaltung aufwendiger, da 2 Busse
- Einsatz
 - oft eingesetzt in Mikrocontroller für Steueraufgaben (Programmgröße liegt fest, wenige Daten zu bearbeiten)
 - in Digitalsignalverarbeitungsprozessoren (DSP), wo Daten sehr schnell verarbeitet werden müssen
 - PowerPC



– Harvard-Architektur vs. Von-Neumann Architektur

- Harvard Architektur beschränkt sich heute auf Spezialaufgaben mit hoher Rechenleistung, wie z.B. Signalverarbeitung
- ursprünglicher Harvard Vorteil \Rightarrow hohe Geschwindigkeit wird in der von Neumann Architektur kompensiert durch
 - Einführung von mehreren Rechenwerken, (heute sogar mehreren Kernen) pro CPU
 - Pipelines zum Verringern der Dekodierzeit
 - synchrone RAM's und Caches zum Verringern der Datenholzeit
 - breite Datenbusse, breiter als die Verarbeitungsbreite (z.B. alle x86 Prozessoren ab dem Pentium mit 64 Bit Datenbus bei 32 Bit Verarbeitungsbreite)
- Mischformen mit Vorteilen beider Konzepte, viele moderne Prozessoren verwenden eine Mischform aus Von-Neumann und Harvard-Architektur



Zusammenfassung

Lernziele

Sie können

- den grundlegenden **Aufbau** und die **funktionalen Einheiten** eines Prozessors auflisten und deren Funktion erklären;
- die zwei grundlegenden **Prozessorarchitekturen** benennen, deren Eigenschaften bzw. Vor- und Nachteile anführen und, in einem gegebenen Prozessor-Blockschaltbild, die vorliegende Architektur identifizieren.

Kontrollfragen

- Nennen Sie den Hauptunterschied zwischen einer von-Neumann und einer Harvard-Architektur.
- Welche Prozessorarchitektur würden Sie in einem sicherheitskritischen Produkt (z.B. Luftfahrt) vorziehen?



Nachbereitung

- Vertiefung: [3] *Mikrocontroller und Mikroprozessoren*, Kapitel 2.3.1 *Von-Neumann-Prinzip* und Kapitel 2.3.2 *Grundlegender Aufbau eines Mikroprozessors*
- Aufgabe: Welche Prozessor-Architektur liegt der ATmega μ C-Familie zu Grunde ?

