

Beágyazott rendszerek illesztése információs rendszerekhez BMEVIMIM343

dr. Kovácsházy Tamás
Megvalósítás



Méréstechnika és
Információs Rendszerek
Tanszék

Ethernet beágyazott környezetben

- Ethernet irodai/otthoni környezetre lett kifejlesztve
- A beágyazott rendszerek gyakran ennél sokkal extrémebb környezetben működnek
 - Nagyon eltérő követelmények
 - Szórakoztató elektronika (u.a. mint iroda/otthoni)
 - Ipari környezet
 - Járműipar, Repülőipar
 - Űripár (radiation hardened)

Kérdések a réteges modellben

■ Fizikai közeg

- Közegválasztás (optikai vagy réz)
- Mechanikai kivitel
 - Vibráció
 - Húzás, hajlítás, törés
- Fizikai és kémia hatások
 - Por és folyadékállóság
 - Hő és fény (ultraibolya pl.)

■ Csatlakozó

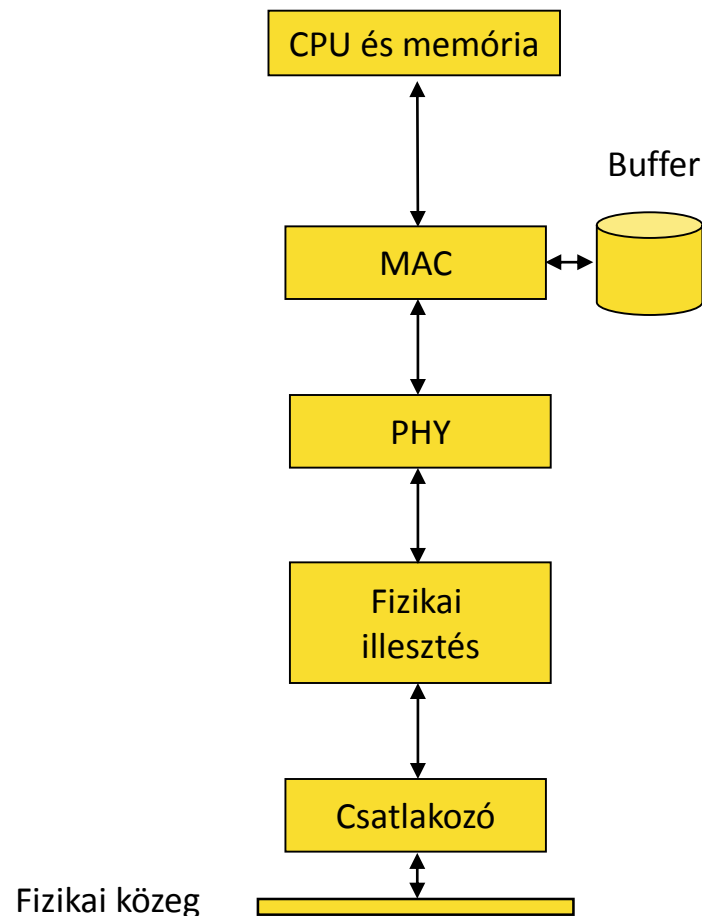
- Mechanikai kivitel
- Fizikai és kémia hatások

■ Fizikai illesztés

- Nagyobb szigetelési feszültség
- Robosztusabb kivitel
- Hőmérsékleti tartomány

■ PHY, MAC és felette

- Hőmérséklet tartomány
- Protokollok



Rendszerszint

- Mire lesz szükségünk?
 1. Rendszerterv
 2. Ethernet hálózati eszközök
 3. Szerverek és server szoftver (IT megoldások)
 4. Kábelezés
 5. Végesszközök (hardver és szoftver)
 6. Konfigurációs- és tesztszoftverek
- Mit csinálhatunk meg mi?
 - Rendszerterv (elkerülhetetlen)
 - Server szoftver (elkerülhetetlen)
 - Végesszköz szoftver (megúszható)
 - Végesszköz hardver (megúszható)
 - Konfigurációs- és tesztszoftverek (megúszható)
- Kábelezés: Villanyszerelők és egyéb szakértők
- Hálózati eszközök és serverek: Más forrás

Ethernet és TCP/IP megvalósítása, COTS

- Commercial off-the-shelf (COTS) HW komponensek
 - Hálózati eszközök
 - Kábelezés, csatlakozó panelok
 - Serial Device Server
 - TCP/IP I/O modulok
 - Ipari PC, Single Board Computer (SBC), CPU modul, stb.
- Előnyök és hátrányok:
 - Korlátozott választék (HW és mechanikai kialakítás)
 - Korlátozott periféria készlet, szabványos megoldások
 - + Tesztelt (gyártó és sok felhasználó által)
 - + MAC címet kapunk
 - + Economy of Scale miatt alacsony darabár
 - + Sokszor a kisker. alkatrész ár alatt
 - + Gyors megjelenés a piacon (ha a COTS komponens jól működik)
 - + Minősítések

Ethernet és TCP/IP megvalósítása, DIY

- Saját Ethernet HW fejlesztés (Do It Yourself, DIY)
 - Fejlesztési idő és kockázat nehezen becsülhető
 - MAC címről magunknak kell gondoskodni
 - Tesztelés, speciális mérőeszköz igények
 - + Megoldás specifikus, speciális HW
 - + Saját, megoldás specifikus szoftver
 - + Nagy darabszám esetén olcsóbb lehet

Mire van szükségünk összefoglalva?

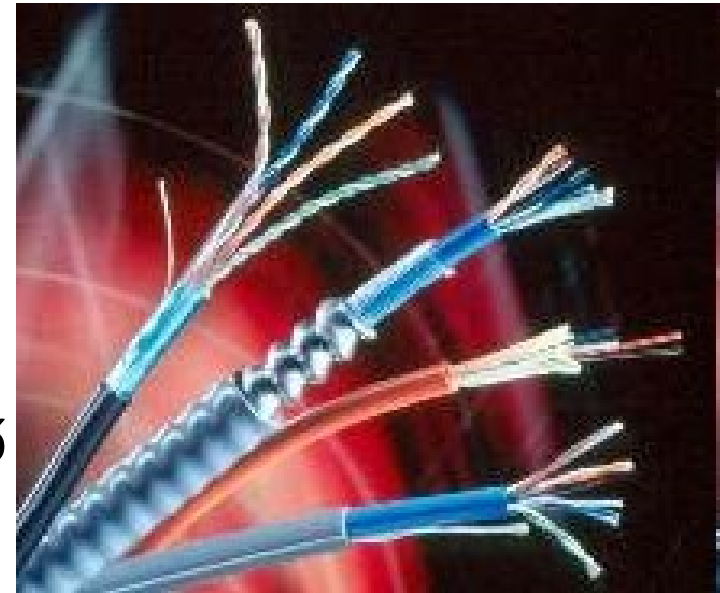
- Rendszerterv
- COTS megoldás:
 - Hálózati eszközök, szerverek
 - Kábelezés, csatlakozók
 - COTS végeszköz, esetleg dobozolás
 - SW (végeszközök és szerverek)
- Saját HW alapú végeszköz esetén ez még kiegészül:
 - HW és SW a végeszközhöz
 - MAC cím a végeszközhöz

COTS vagy DIY?

- COTS elkerülhetetlen (extrém esettől eltekintve)
 - Hálózati eszközök
 - Kábelezés, csatlakozók, stb.
- Specifikációtól, alkalmazástól, darabszámtól és végtermék darabártól függ
- Gyakorlati tapasztalatok a végeszköz esetén
 - Kis darabszámú esetén (néhány száz egység alatt) a COTS várhatóan kedvezőbb lesz költség tekintetében
 - Nagy darabszám esetén a fejlesztési költség könnyebben amortizálható, a megoldás optimalizálható
 - A saját HW fejlesztést nagyon meg kell indokolni
 - A saját SW fejlesztés majdnem mindig elkerülhetetlen

Ethernet kábelezés (réz vagy optikai)

- Ipari környezetben EMC miatt
 - Foiled Twisted Pair (FTP)
 - Screened Fully shielded Twisted Pair (S/FTP)
 - Optikai kábelezés
- Mechanikailag és kémiaailag gyengék a standard kábelek
- Léteznek megerősített kábelek
 - Rezgés
 - Húzás, taposás
 - Függeszthetőség
 - Víz és vegyszerállóság
 - Földbe temethető
 - Vízbe és más vegyszerekbe meríthető
 - UV álló
 - Stb.



Belden

Ethernet csatlakozók 1.

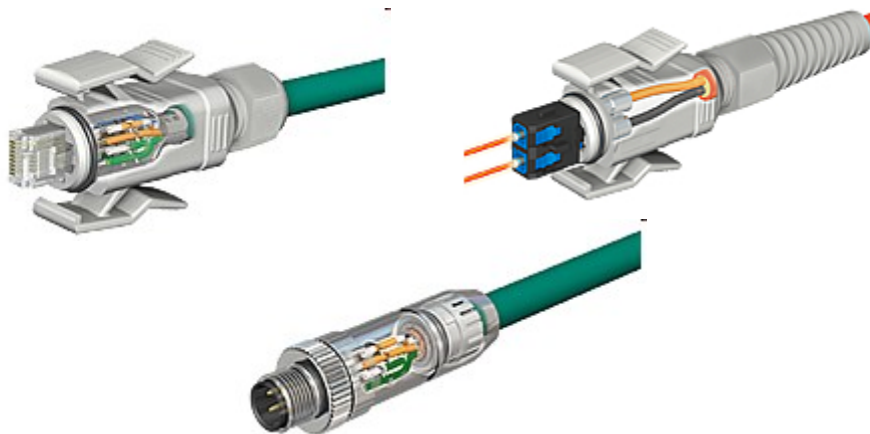
- Az RJ45 és az IT területen használt optikai csatlakozók gyengék
 - Mechanikai hatások
 - Rezgésre és húzásra érzékenyek
 - Törékenyek
 - RJ45 rezgésre pl. kikopik, húzásra a kábel kiszakad, a rögzítő fül letörik
 - Por és folyadékok bejutása
 - Nincs védelem
 - Az optikai kábelek nagyon érzékenyek a vízre, vízpárára
 - UV-t nem bírja
- Megerősített RJ45 csatlakozók
 - Az RJ45 csatlakozó nincs mechanikailag terhelve
 - Por és folyadék védett kivitel (IP67)
 - Rezgés még mindig probléma lehet...



Ethernet csatlakozók 2.

- Nem szabványos alternatív csatlakozók
 - Megerősített optikai csatlakozók
 - Optikai csatlakozó szabványos
 - Eltérő rögzítés és védelem (IP67)
 - Egyéb csatlakozók
 - Erősen gyártó specifikus kivitel és bekötés
 - pl. M12 csatlakozó (de facto standard)
 - Szereléshez szükséges eszközök?

PHOENIX CONTACT , HARTING



Serial device server (COTS)

- Serial device server:
 - Soros (RS232/422/485) porttal rendelkező hálózatra kapcsolandó eszköz esetén
 - Külön egység vagy integrálható modul
 - Gyári SW, vagy saját SW (dev. Kit)
 - Pl.: Lantronix, Digi, Moxa



TCP/IP I/O (COTS)

- TCP/IP I/O modulok:
 - Digitális I/O különböző kivitelben
 - Analóg I/O különböző kivitelben
 - MOXA, Backhoff, Siemens, NI, stb.
 - Gyári SW a végeszközön
 - Konfigurálható SW a szervereken
 - NI LabView szerű valami...



Single board computer (SBC)

- Nagyon sokféle eszköz, sok gyártótól
- Architektúra:
 - High end : x86, ARM, MIPS, PowerPC, stb.
 - Low end : 8 bites MCU...
- Szoftver:
 - High end : Linux, Windows Embedded, Windows CE, QNX, VxWorks, etc.
 - Low end : minimális tudású protokoll készlet
 - Gyártó által támogatott szoftver modulok
 - Board Support Package (BSP) adott OS-re a HW SW támogatásával
 - Extra költség: OS, BSP, könyvtárak, licenz díj, stb.

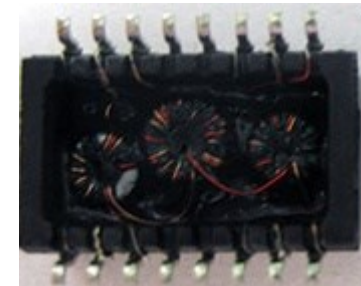
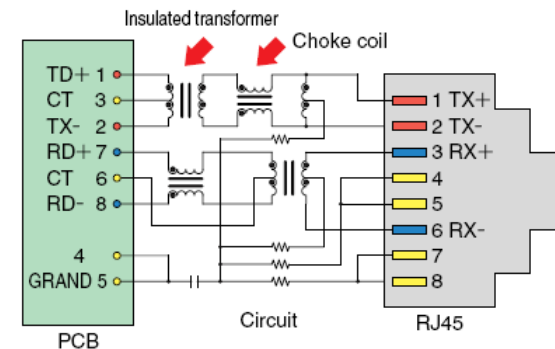
Széles körben elterjedt SBC-ék

- Raspberry-Pi
- Beagleboard, Beagleboard-XM, BeagleBone, Pandaboard
- Cubiboard (1, 2, Cubitrack)
- ODROID (különböző verziók)
- Intel Galileo (Quark x86 CPU, most jelent meg)
- Problémák:
 - Többnyire egy mobiltelefon vagy média lejátszó SoC-t használnak
 - Nincs natív Ethernet és SATA
 - Limitált számú USB port (1)
 - Megoldás: USB-Ethernet átalakító + USB hub
 - Nagy darabszámok esetén hogyan tovább???

Saját HW

Fizikai illesztés

- Részvezeték esetén
 - 10, 10/100 vagy 10/100/1000 Mbps támogatása
 - Ethernet transzformátor és passzív elemek
 - Az Ethernet jelek továbbítása
 - 1:1 (PHY 3.3V tápfesz) vagy 2:1 osztás (PHY 5V tápfesz, már ritka)
 - Galvanikus leválasztás
 - Standard 1.5 kV szigetelési feszültség
 - EMI elnyomás
 - Common mode chokes, de hol? Erősebb védelem (TVS, stb.)?
 - PoE támogatás
 - Az adatlap nem tartalmaz elégséges információt
 - Insertion and reflection loss, crosstalk, CMRR megtalálható
 - Művészet a választás (az Internet-en sincs túl sok infó a témában)
 - A PHY gyártók megadják az alkalmas/tesztelt trafókat
 - Csatlakozóval integrált kivitel + LED is
 - Sok esetben a LED-eknek light pipe (EMC)
 - Nagyobb szigetelési feszültség
 - 4 kV szigetelési feszültség és orvosi elektronikai kivitel elérhető
- Nagysebességű jelek a PHY és a csatlakozó között, PCB!
 - Nagy figyelmet igényel, analóg jelek
 - Előírás szerinti hullámimpedanciák, stb. betartása
 - Szigetelési feszültség miatti szigetelési távolság betartása



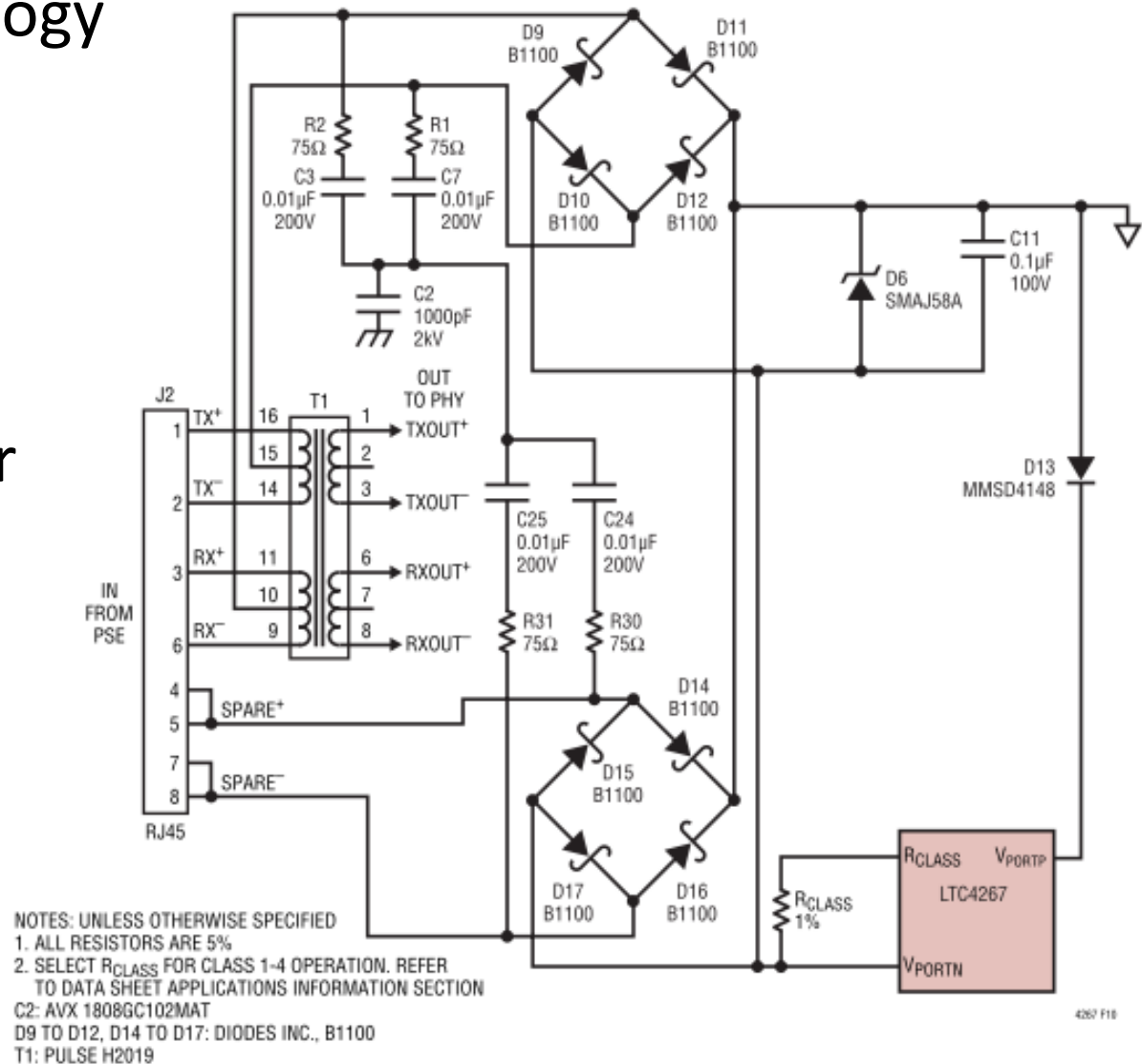
PoE megvalósítása végeszközön

- PD (Powered Device) megvalósítás
- Szükséges:
 - Speciális Ethernet trafó (PoE kompatibilis)
 - PD controller (egybe lehet integrálva a DC/DC-vel)
 - Leválasztott DC/DC konverter (szigetelési feszültség)
 - DC/DC transzformátor
- Modulként kapható vagy összerakható
 - PD, DC/DC, és trafó együtt választandó ki
 - NYÁK tervezés kritikus
 - http://www.coilcraft.com/prod_poe.cfm



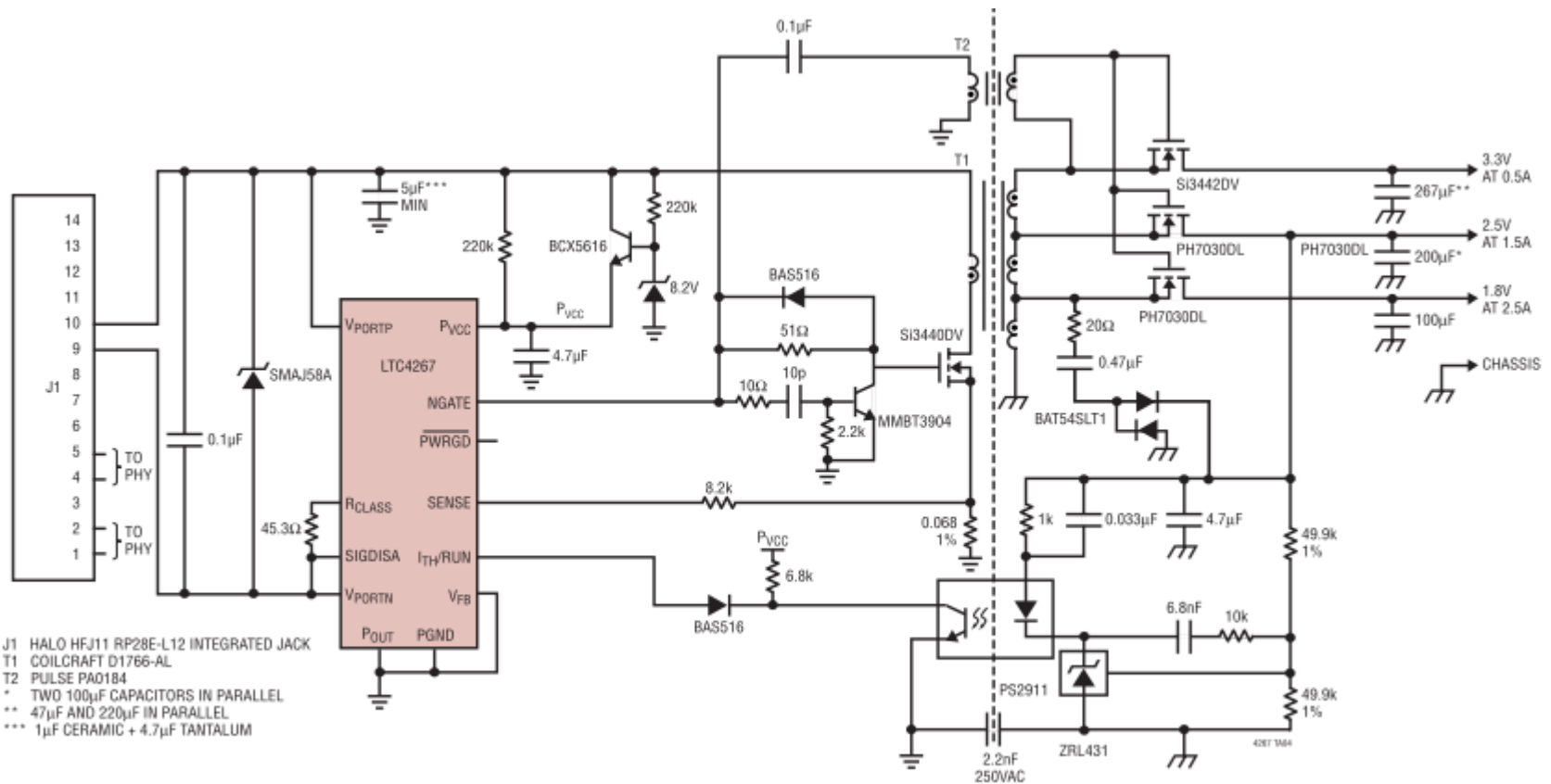
PoE PD példa 1.

- Linear Technology LTC4267 PD Interface
- Pulse H2019 Ethernet transzformátor



PoE PD példa 2.

- Linear Technology LTC4267 PD Interface
- Coilcraft D1766-AL transzformátor (3.3V, 2.5V, 1.8V out)



Fizikai interfész optikai moduloknál

- Optikai modulok
 - GBIC és SFP kivitel
 - Nagysebességű kommunikációs interfész a PHY és az optikai modul között
 - Disszipáció/hűtés megoldása
 - Üzemi hőmérséklet tartomány (lézer hőm. érzékeny)
 - Piacon megvásárolhatók a szabványos csatlakozó és a modulok
 - Saját modul készítése reménytelen!
- NYÁK tervezés során a huzalozás speciális figyelmet igényel itt is
 - A nagyfrekvenciás jelek miatt (digitális jelek)
 - Hűtés

Félvezető elemek

- PHY, MAC, CPU, memória
 - Eszközök a standard (irodai és otthoni) hőmérséklet tartományban
 - Ipari hőmérséklet tartomány (drágább, kevesebb gyártó)
 - Kiterjesztett kivitel (sokkal drágább, nagyon kevés gyártó)
 - Extrém kivitel (előfordul)
- Kérdés:
 - Milyen részek vannak egybeintegrálva
 - Ezt jobban meg kell vizsgálni
 - 10/100 Mb/s sebességen érdekes
 - 10/100/1000 Mb/s vagy nagyobb sebességeken szinte kizárólagosan MAC+PHY integráció jellemző
- FPGA megvalósításról most nem beszélünk
 - PHY-t már nem szokták megvalósítani FPGA-án (részben analóg)

Különálló CPU, MAC és PHY rétegek

- Ipari PC és Single Board Computer
 - Nagyteljesítményű CPU PCI/PCIE busszal
 - A buszon MAC vagy MAC-ek
 - Esetleg az u.n. déli hídba (periféria vezérlő) integrálva
 - Minden MAC-hez külön PHY
 - Napjainkban ritka, többnyire a MAC és a PHY még ebben a piaci szegmensben egybe van integrálva
 - Pl. bizonyos Intel chipset-ek sorolhatóak ide

Integrált CPU és MAC, különálló PHY

- Többnyire beágyazott processzorok követik ezt a modellt
 - A PHY más félvezető technológiát igényel (analóg rész is van benne)
- Pl. ARM core-ok (Cortex is)
- Interfész a MAC és a PHY között szabványos
 - 10/100 Mb/s: MII/RMII, 25/50MHz órajel
 - 10/100/1000 Mb/s: GMII/RGMII, 125MHz órajel
 - 10/100 Mb/s sebességre visszafelé kompatibilis az MII-jal
 - A menedzsment információ egy másik SMI (MDIO) buszon
 - IEEE 1588 támogatás esetén további jelek lehetségesek (nem szabványos az interfész)
- Gyakori 10/100 PHY-k
 - Realtek RTL8201xx
 - TI (National Semiconductor) DP83848x
 - IEEE 1588 kompatibilis utód: DP83640
 - Microchip (SMSC felvásárlásával)
- Sok portos megoldások (2-4-8 port egy chip-ben)
 - Hálózati eszközökbe történő beépítésre

Különálló CPU, és Integrált MAC és PHY

- CPU és a MAC+PHY közötti busz a döntő
 - SPI: Microchip ENC26J80, 28 láb, csak 10Mb/s, 3.3V
 - SPI: Microchip ENC424J600, 44 láb, 10/100Mb/s, 3.3V
 - Standard CPU busz (pl. ISA)
 - Microchip ENC624J600, 64 láb, SPI is (mint az ENC424J600)
 - SMSC LAN91xx/92xx család, 10/100 Mb/s, 3.3V
 - Realtek 8019/8029, 10 Mb/s, 5V
 - PCI és PCIE
 - Nagyszámú gyártó (PC piac)
 - Realtek, Intel, NatSemi, SMSC
 - USB: SMSC LAN95xx
- A beágyazott területen ajánlott, ha:
 - Nagyteljesítményű/nagysebességű a rendszer
 - Gigabites Ethernet-et integrálása a CPU-val nem jellemző
 - Sok Ethernet portot tartalmazó rendszerek
 - Közös buszon az Ethernet vezérlők
 - Egyébként:
 - CPU+MAC és különálló PHY
 - CPU+MAC+PHY teljes integráció

Teljesen integrált megoldás

- Analóg (PHY) és digitális funkciók (MAC, CPU, memória) integrálása nagy kihívás
- Ti/Luminary Micro Stellaris 8000/6000 Series család
 - ARM® Cortex™-M3 MCU, 50MHz clk
 - Integrált MAC és 10Base-T/100Base-TX PHY
 - Beágyazott SW TCP/IP implementáció
 - Max. 256K Flash, 64K SRAM
 - CAN, UART, egyéb MCU perifériák
 - Not for new designs...
- Microchip egyes 8 bites MCU-i
 - Pl. PIC18F66J60, PIC18F97J60
 - MAC buffer-ben történő csomagfeldolgozás (dirty hack)
 - Microchip TCP/IP implementáció (nagyon korlátozott)
 - **10 Mb/s 10Base-T PHY**
 - Max. 128K FLASH, 3808 byte RAM

MAC cím?

- Saját gyártású HW esetén érdekes
 - A COTS komponensek gyártó specifikus MAC címmel érkeznek
 - Átírható, ha a cég fontosnak tartja a saját címet használni (marketing és beszállítók rejtése)
 - Sajnos nem mindig: Pl. Beagleboard-XM nem...
 - OUI vagy IAB
 - Költséges, kis darabszámok esetén nem rentábilis
 - ROM előzetesen gyártó által programozott egyedi MAC címmel
 - Pl. MAXIM DS2502-E48 48-Bit Node Address Chip
 - Nem jó megoldás, ha a cég fontosnak tartja a saját címet használni (marketing és beszállítók rejtése)
 - Lokális egyedi cím használata (nem szabványos)
- MAC cím tárolása
 - Különálló ROM memória
 - Nem lehet része a firmware-nek (független attól)
 - Garantálni kell, hogy nem megváltoztatható

Szoftver igények

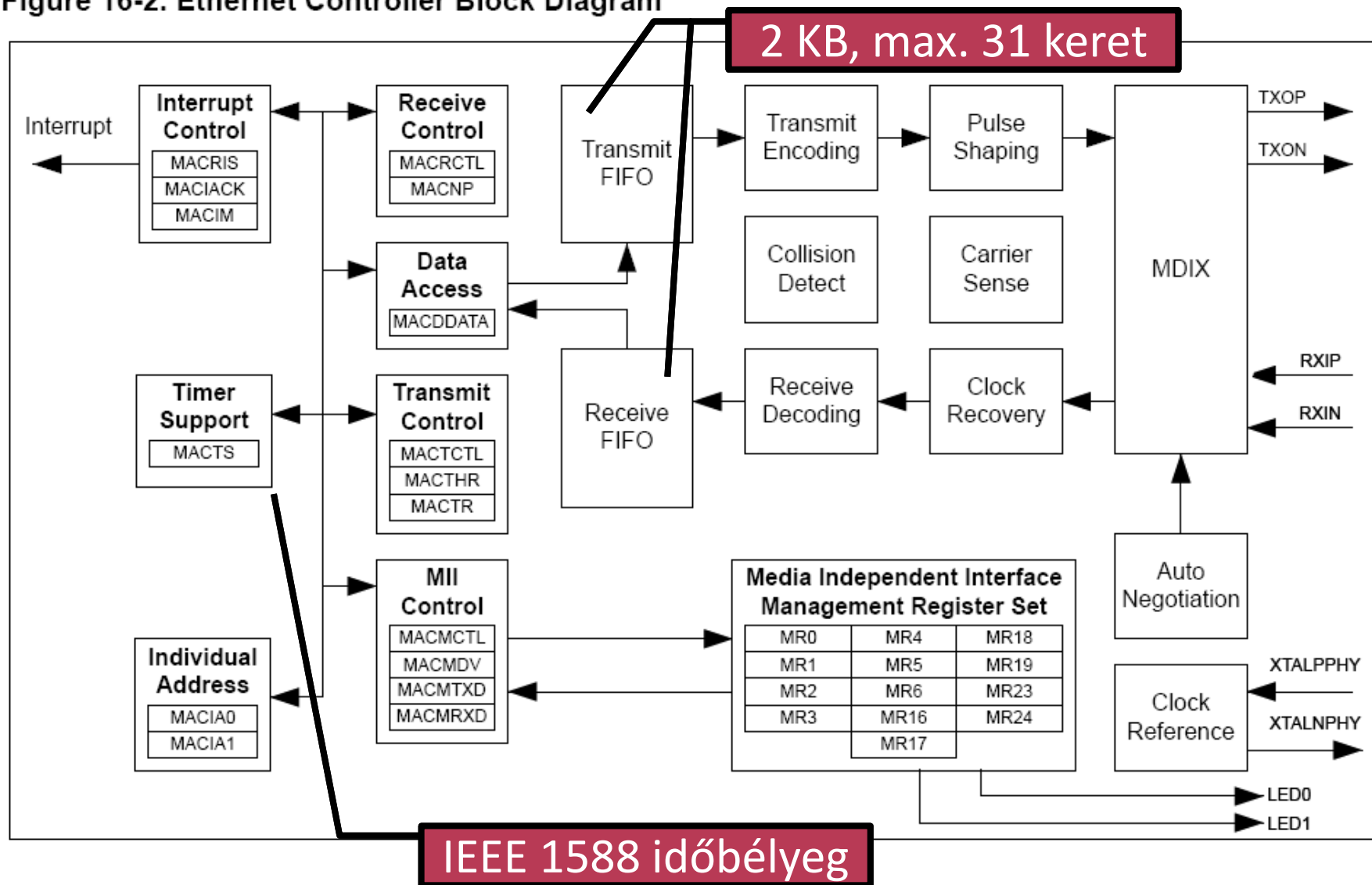
- Fejlesztőrendszer (GUI, Compiler, stb.)
- Beágyazott operációs rendszer
 - Párhuzamos programozás támogatása
- Ethernet driver
 - HW gyártó által előállított
 - Windows, Linux
 - OS által előállított támogatott
 - Példakód vagy más OS driver alapján portolt
 - Dokumentáció alapján megírt
- TCP/IP protokoll készlet
 - Kész komponens formájában
 - Portolás reális az OS platformra
- MIB, WEB tartalom stb. fordítók

Ethernet driver 1.

- NIC HW interfész
 - Konfigurációs regiszterek (sok)
 - Küldő és vevő FIFO
 - Ebből küld és ebbe fogad a vezérlő
 - Keret leíró (frame descriptor) formában tárolja a keretet
 - Pszeudó header: pl. időbélyeg
 - DMA
 - Nem kell programozottan a FIFO és CPU memória között másolni a kereteket, de nehéz programozni
 - Megszakítás forrás
 - Nagyszámú megszakítási ok
 - Fogadás, sikeres küldés
 - Hibajelzések, státuszváltozások
 - Fizikai réteggel kapcsolatos változások
- Hogyan néz ki a LM3S8962 esetén a HW-driver interfész?

LM3S8962 HW-driver interfész

Figure 16-2. Ethernet Controller Block Diagram



LM3S8962 RX/TX FIFO

FIFO Word Read/Write Sequence	Word Bit Fields	TX FIFO (Write)	RX FIFO (Read)
1st	7:0	Data Length Least Significant Byte	Frame Length Least Significant Byte
	15:8	Data Length Most Significant Byte	Frame Length Most Significant Byte
	23:16		DA oct 1
	31:24		DA oct 2
2nd	7:0		DA oct 3
	15:8		DA oct 4
	23:16		DA oct 5
			DA oct 6
3rd	7:0		SA oct 1
	15:8		SA oct 2
	23:16		SA oct 3
	31:24		SA oct 4
4th	7:0		SA oct 5
	15:8		SA oct 6
	23:16	Len/Type Most Significant Byte	
	31:24	Len/Type Least Significant Byte	
5th to nth	7:0		data oct n
	15:8		data oct n+1
	23:16		data oct n+2
	31:24		data oct n+3
last	7:0		FCS 1
	15:8		FCS 2
	23:16		FCS 3
	31:24		FCS 4

TX esetén
nem szúrja
be...

Packet
padding
beállítható

A
következő
keret
mindig
WORD
határon

Időbélyeg GPT3-
ban
(nincs a kerethez
kapcsolva,
probléma...)

TX: FCS
automatikusan is
számítható,
akkor nem kell
beírni...

RX: FCS nem
stimmel, a keret
törlésre kerül
HW-ből
(kikapcsolható)

LM3S8962 Ethernet megszakítások

- A frame has been received into an empty RX FIFO
- A frame transmission error has occurred
- A frame has been transmitted successfully
- A frame has been received with inadequate room in the RX FIFO (overrun)
- A frame has been received with one or more error conditions (for example, FCS failed)
- An MII management transaction between the MAC and PHY layers has completed
- One or more of the following PHY layer conditions occurs:
 - Auto-Negotiate Complete
 - Remote Fault
 - Link Status Change
 - Link Partner Acknowledge
 - Parallel Detect Fault
 - Page Received
 - Receive Error
 - Jabber Event Detected

Ethernet driver 2.

- Driver alkalmazása
 - OS tölti be a file rendszerből
 - Windows, Linux, nagyobb teljesítményű beágyazott OS-ek
 - Belefordul a kódba
 - Kisebb teljesítményű beágyazott OS-ek és TCP/IP megvalósítások
- A megszakítási gyakoriság kézbentartása
 - A beérkező hálózati forgalom megszakítást okoz
 - A megszakítás kezelése itt nem csak az IT rutint jelenti (keret és csomagfeldolgozás)
 - CPU erőforrások szándékos elvétele (DoS támadás)
 - Megoldások:
 - IT minden beérkező keret után
 - IT gyűjtés (info mennyiség és idő együtt)
 - Polling az OS timer IT-ből a keret küldés és fogadás kezelésére

TCP/IP implementáció

- Nagyon sokféle van, alapvetően 3 csoportba sorolhatóak:
 - Teljes értékű implementációk
 - Asztali vagy nagyteljesítményű beágyazott OS-ek részei (BSD, Windows, Linux TCP/IP stb.)
 - Korlátozott, beágyazott rendszer specifikus megvalósítások
 - uIP, lwIP, kommerciális megoldások
 - Valamilyen beágyazott OS-re szükségük van
 - Thread támogatást igényelnek
 - A dokumentációk alapján nem, de így használhatóak...
 - Különlegesen alacsony erőforrás igényű, erősen korlátozott megvalósítások
 - Microchip TCP/IP, Procyon AVRlib
 - Tényleges alkalmazhatóságuk erősen megkérdőjelezhető
 - Teljesítmény és funkcionalitás?

Teljes értékű TCP/IP megvalósítások

- OS specifikusak
 - Windows/WinCE, Linux, stb., saját implementáció
 - Beágyazott OS-ekben spec. implementáció vagy BSD TCP/IP megvalósítás
- Széles HW támogatás a kommunikációs interfészek tekintetében
- Beépített teszt alkalmazások
- Dinamikus erőforrás felhasználás
 - Amennyi szabad erőforrás rendelkezésre áll
 - A korlátok dinamikusan derülnek ki (ez sokszor nem jó)
- Futási időben szabadon konfigurálható szolgáltatások
 - Szolgáltatások külön kerülnek fordításra és telepítésre
 - Nagymértékben konfigurálhatóak
- Széles körben ismert alkalmazások
 - Apache vagy lighttpd szerver HTTP, stb.
 - Sendmail SMTP szerver
 - Net-SNMP SNMP ágens és kliens programok
- Saját alkalmazások socket API-val (jól dokumentált)

Korlátozott, beágyazott megvalósítások

- OS függetlenek
 - C kód, portolható
 - HW függés jól szeparált
- Statikusan (fordítási időben) konfigurálható szolgáltatások
 - Max. TCP kapcsolatok száma
 - Támogatott protokollok
 - Megvalósított szolgáltatások
- Korlátozott szolgáltatás készlet
 - Ki kell választani a megvalósított szolgáltatásokat az erőforrások ismeretében
 - Kód és adat memória a legkritikusabb
- Megvalósítás specifikus szolgáltatások
 - A szolgáltatások korlátozott képességűek
 - Fordítási időben konfigurálhatóak
 - Tartalom (pl. WEB lapok) futási vagy fordítási időben konfigurálható
 - Flash memóriában statikus adatként
 - Flash memóriában filerendszerben

Erősen korlátozott megvalósítások

- Mikrovezérlő és Ethernet controller specifikusak
 - Építenek az architektúrális specialitásokra
- Erősen leegyszerűsített megvalósítás
 - Teljes értékű protokoll készletet alkalmazó géppel tudnak csak kommunikálni
 - Működőképesség határon vannak
 - Sok esetben nem felelnek meg az RFC-éknek
 - Súlyos működési problémák merülnek fel nem dedikált IP hálózatokban
 - Teljesítmény
 - Kompatibilitás
 - Implementációs hiányosságok
 - Dedikált hálózatban használhatók
 - Kézben tartható a hálózatban kialakuló forgalom
- Ha lehet, kerüljük el őket
 - Egy a korlátozott, beágyazott rendszer specifikus megvalósításokat támogató HW nem jelentősen drágább
 - Ugyanakkor sokkal jobban skálázható, egyszerűbb, megbízhatóbb, nagyobb teljesítményű, és fogyasztásában sem rosszabb

Erőforrás igények

- Kb. az alábbi erőforrásokra van szükség minimum
 - Teljes értékű implementációk
 - 32 bites MCU, $n \cdot 10$ MHz CPU
 - $n \cdot 100$ kByte kód, és $n \cdot 100$ kByte RAM
 - Példa: BSD TCP/IP implementáció
 - Korlátozott, beágyazott rendszer specifikus megvalósítások
 - 16 v. 32 bites MCU (8 bites is, de korlátozásokkal)
 - $n \cdot 10$ kByte kód, és $n \cdot 10$ kByte RAM
 - Példa: uIP, lwIP
 - Különlegesen alacsony erőforrás igényű, erősen korlátozott megvalósítások
 - 8 bites MCU
 - $n \cdot 10$ kByte kód, és $n \cdot 1$ kByte RAM
 - plusz pl. Ethernet kontroller keret bufferje
 - Példa: Procyon AVRlib, Microchip TCP/IP protkoll készlet

uIP tulajdonságok (WEB lapról)

- Jól dokumentált és kommentezett kód
 - Hát a példaalkalmazásokra biztosan nem igaz...
- Kis kódméret (konfigurációtól függ)
- Kis adatméret (konfigurációtól függ)
- Támogatott alapprotokollok
 - ARP, SLIP, IP, UDP, ICMP, és TCP
- Példaalkalmazások: web szerver, web kliens, SMTP kliens, Telnet szerver, DNS resolver.
- TCP kapcsolatok száma fordítási időben megadható (adatmemória igényt befolyásolja)
- TCP passzív várakozó kapcsolatok száma fordítási időben megadható (adatmemória igényt befolyásolja)
- Ingyenes (profitorientált vállalatok számára is)
- RFC-nek megfelelő TCP és IP protocol megvalósítás
 - folyamszabályzás, tördelés, RTT becslés

uIP vagy lwIP

- lwIP nem használható 8 bites processzorokon
 - A uIP kimondottan ilyen környezetre lett kifejlesztve
- uIP kevesebb memóriát igényel, mint az lwIP
- uIP kisebb teljesítményű, mint az lwIP
- Az lwIP sokkal több, szélesebb alkalmazási réteg szolgáltatást támogat
- Eltérő az SW interface is
- Szakértők:
 - uIP: Egyszerű TCP/IP kommunikáció, egyféle elsődleges alkalmazási réteg szolgáltatás
 - lwIP: Flexibilis, több elsődleges alkalmazási réteg szolgáltatás futtatása egy időben

Elsődleges szolgáltatás

- Erősen alkalmazás specifikus
- Méréstechnikára és folyamatirányításra összpontosítva:
 - Érzékelés
 - Adatgyűjtés
 - Analízis
 - Megjelenítés
 - Beavatkozás
 - Értesítés

Háttérszolgáltatások

- Rendszer konfigurálása (biztonságkritikus)
 - Kezdeti IP konfiguráció megadása
 - Egyéb konfigurációs paraméterek megadása és lekérdezése
 - Konfiguráció mentése és visszaállítása
- Firmware kezelés hálózaton keresztül (biztonságkritikus)
 - Feltöltés és letöltés
- Rendszer visszaállítás (jelszó elvesztése, fatális konfigurációs hiba esetén)
 - Fizikai hozzáférés szükséges
- Teljesítmény analízis és statisztikák
 - Eseménynapló (lokális vagy távoli szerverre)
 - Erőforrások kihasználtsága
 - Válaszidők
 - Hibák

Milyen protokollokra van szükség?

- Minimum konfiguráció UDP-vel
 - ARP, IPv4, ICMP, DHCP, UDP
 - UDP alapú alkalmazási réteg protokollok
 - Gyártó specifikus egyedi protokollok
 - TFTP klienssel
 - Nagyobb méretű statisztikák, konfiguráció és gyűjtött adatok feltöltése
 - SNMP alapú vagy gyártó specifikus alkalmazási réteg protokoll
 - Konfiguráció és beavatkozó jel megadása
 - Mérési adatok és statisztikák letöltése
 - RS232 soros port az alapbeállításokhoz opcionálisan

Milyen protokollokra van szükség?

- Minimum konfiguráció TCP-vel
 - ARP, IPv4, ICMP, DHCP, UDP, TCP
 - TCP alapú alkalmazási réteg protokollok
 - HTTP kliens vagy szerver
 - Konfiguráció le- és feltöltés
 - Firmware fel- és letöltése
 - Adatok fel és letöltése
 - Elektronikus adatlap (minimális infó csak)
 - Adatformátum
 - HTML vagy XML
 - RS232 soros port az alapbeállításokhoz opcionálisan

Teljes értékű implementáció

- Teljes értékű konfiguráció
 - ARP, IPv4, ICMP, DHCP, UDP, TCP, DNS
 - HTTP szerver
 - Konfiguráció fel- és letöltése
 - Firmware upgrade (esetleg TFTP alapú)
 - Elektronikus adatlap (teljes értékű)
 - Statisztikák és mérési adatok fel- és letöltése
 - HTTP kliens
 - HTTP szerveren konfigurálható adat fel- és letöltés
 - SMTP kliens (üzenetek küldése)
 - SNMP menedzsment
 - TELNET/SSH alapú távoli hozzáférés
 - SNTP óra szinkronizáció
 - Távoli logolás szerverre
 - RS232 soros port az alapbeállításokhoz opcionálisan

WEB szerver vagy WEB kliens?

■ WEB szerver

- H2M vagy M2M kommunikáció
- Firewall és NAT mögötti eszköz elérése nehéz
- Humán konfiguráció
- Azonnal használható
- Hibakezelés a kérések kiszolgálása alapján
 - Nincs válasz

■ WEB kliens

- M2M kommunikáció
- Firewall és NAT nem okoz problémát
- Automatikus konfiguráció megadható egy URL-el
- Meg kell adni a kezdő konfigurációt valahogy
- Hibakezelés idővezérelt alapon lehetséges
 - Nincs feltöltés

Beágyazott WEB szerver

■ Kérdések

- Hogyan érjük el a beágyazott rendszer funkcióit?
 - Leképzés a WEB szerver szolgáltatásaira
- Milyen HTTP metódusokat ismer?
 - GET, HEAD, POST
- Milyen felhasználói azonosítási módszereket ismer?
 - semmilyen, Basic, Digest, HTML alapú
- Hol helyezkedik el a statikus tartalom?
 - Program FLASH-be ágyazva (kódba fordítva)
 - Külső FLASH-ban (külön cserélhető, többnyire lassabb)
 - Filerendszer (FAT, EXT2, valamilyen Flash filesystem, stb.)
- Hogy lehet a tartalomba dinamikus elemeket helyezni?
 - Mérési adatok, statisztikák, stb.
 - Server Side Include „escape” szekvenciákkal „%temp%”
 - Asszociatív tömb a memóriában „temp”->„25 °C”
 - A kód a tömböt frissíti a HW-ból periódikusan olvasott értékekkel
 - Kódba ágyazott függvény hívás „%fv1?par1=val1&par2=var2%”
 - Asszociatív tömb a memóriában „fv1”->&fv1 (függvény pointereket tartalmaz)
 - Kódból generált WEB lap (CGI), ábra is lehet