

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA APLIKOVANÉ ELEKTRONIKY A TELEKOMUNIKACÍ**

## **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Implementace IP protokolu po Ethernetu na  
mikrokontroléru STR912**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
Fakulta elektrotechnická  
Akademický rok: 2011/2012

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Ondřej PATRICHI**  
Osobní číslo: **E08N0049P**  
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Elektronika a aplikovaná informatika**  
Název tématu: **Implementace IP protokolu po Ethernetu na mikrokontroléru STR912**  
Zadávající katedra: **Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Seznamte se s mikrokontrolérem STR912 a jeho vývojovými prostředky.
2. Prostudujte komunikaci ethernet a protokoly ARP, IPv4, ICMP, UDP.
3. Pro mikrokontrolér STR912 naprogramujte IPv4 protokol, který bude využívat jako nižší vrstvu rozhraní ethernet. Nad IP realizujte protokol UDP.
4. Na mikrokontroléru STR912 vytvořte zkušební aplikaci, která bude využívat služby UDP/IP. Komunikačním partnerem bude aplikace na PC.
5. Proveďte zkoušky na vývojovém kitu s mikrokontrolérem STR912. Zhodnoťte vaše řešení, popište problémy, se kterými jste se setkal.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

1. ST: STR91xF ARM9®-based microcontroller family
2. RFC768 User Datagram Protocol
3. RFC791 Internet Protocol
4. RFC792 Internet Control Message Protocol
5. RFC826 An Ethernet Address Resolution Protocol or Converting Network Protocol Addresses to 48.bit Ethernet Address for Transmission on Ethernet Hardware

Vedoucí diplomové práce: Ing. Petr Krist, Ph.D.

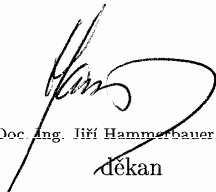
Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací

Konzultant diplomové práce: Ing. Petr Krist, Ph.D.

Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací


Datum zadání diplomové práce: 18. října 2010

Termín odevzdání diplomové práce: 11. května 2012

  
Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.

děkan



  
Doc. Dr. Ing. Vjačeslav Georgiev

vedoucí katedry

V Plzni dne 17. října 2011

## **Abstrakt**

Tato práce pojednává o možnostech implementace protokolové soupravy UDP/IP na vývojovém kitu s Ethernetovým rozhraním. Pro tento projekt byl zvolen kit s procesorovým jádrem ARM STR912FAW44.

## **Klíčová slova**

ARP, IPv4, ICMP, UDP, ARM STR912.

## **Abstract**

The master thesis is about possibilities of implementation UDP/IP protocol stack into a development kit with Ethernet interface. For this project has been chosen the development kit of the ARM STR912FAW44 cortex.

## **Key words**

ARP, IPv4, ICMP, UDP, ARM STR912.

## **Prohlášení**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

V Plzni dne 21.5.2012

Ondřej Patrichi

.....

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Petru Kristovi, Ph.D. za podporu při vypracování této práce.

## Obsah

<b>OBSAH</b> .....	<b>8</b>
<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>10</b>
<b>1 PŘEHLED PROTOKOLŮ</b> .....	<b>11</b>
1.1 ADDRESS RESOLUTION PROTOCOL (ARP) .....	11
1.2 INTERNET PROTOCOL VERZE 4 (IPv4) .....	12
1.3 INTERNET CONTROL MESSAGE PROTOCOL (ICMP) .....	13
1.4 USER DATAGRAM PROTOCOL (UDP) .....	14
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>15</b>
<b>SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ</b> .....	<b>16</b>



## Úvod

Předkládaná práce pojednává o možnostech implementace UDP/IP protokolových vrstev pro vývojový kit s procesorem ARM STR912.

## Seznam symbolů a zkratk

ARP .....	Address Resolution Protocol
MAC .....	Media Access Control
IP .....	Internet Protocol
ICMP .....	Internet Control Message Protocol
UDP .....	User Datagram Protocol
TTL .....	Time to Live

# 1 Přehled protokolů

## 1.1 Address Resolution Protocol (ARP)

Tento protokol je nezbytný pro zjištění MAC adresy příjemce paketu pokud není přítomen v ARP tabulce. ARP request se vyšle broadcastem a následně se čeká na odpovídající ARP reply s odpovídajícími údaji o přijímací stanici.

0	7 8	15 16	23 24	31
HARDWARE TYPE		PROTOCOL TYPE		
HARDWARE LENGTH	PROTOCOL LENGTH		OPCODE	
SOURCE MAC ADDRESS (48 bits)				
SOURCE PROTOCOL ADDRESS				
DESTINATION MAC ADDRESS (48 bits)				
DESTINATION PROTOCOL ADDRESS				

Obr.1 Struktura ARP

### Hardware Type

16-bitové pole. Vyjadřuje typ linkového protokolu, pro EthernetII = 0x0001.

### Protocol Type

16-bitové pole. Vyjadřuje typ síťového protokolu, pro IPv4 = 0x0800.

### Hardware Length

8-bitové pole. Udává délku fyzické adresy v oktetech. Pro EthernetII = 0x06.

### Protocol Length

8-bitové pole. Udává délku síťové adresy v oktetech. Pro IPv4 = 0x04.

### Opcode

16-bitové pole definující typ paketu. Pro request = 0x01 a pro reply = 0x02.

### Source MAC Address

Pole fyzické adresy odesílatele, jehož délka závisí na typu protokolu, pro EthernetII činí 48 bitů.

### Source Protocol Address

Pole síťové adresy odesílatele, jehož délka závisí na typu protokolu, pro IPv4 činí 32 bitů.

### Destination MAC Address

Pole fyzické adresy příjemce, jehož délka závisí na typu protokolu, pro EthernetII činí 48 bitů.

### Destination Protocol Address

Pole síťové adresy příjemce, jehož délka závisí na typu protokolu, pro IPv4 činí 32 bitů.

## 1.2 Internet Protocol verze 4 (IPv4)

0	7	8	15	16	23	24	31
VERSION		IHL		TYPE OF SERVICE		TOTAL LENGTH	
IDENTIFICATION				FLAGS		FRAGMENT OFFSET	
TIME TO LIVE		PROTOCOL		HEADER CHECKSUM			
SOURCE ADDRESS							
DESTINATION ADDRESS							
OPTIONS						PADDING	

Obr. 2 Struktura IPv4

### Version

4-bitové pole. Určuje formát záhlaví. Pro IPv4 má hodnotu 4.

### IHL (Internet Header Length)

4-bitové pole. Délka záhlaví, nejmenší správná hodnota je 5.

### Type of Service

8-bitové pole. Indikuje typ podporovaných služeb (Quality of Service). V praxi nemá přílišné uplatnění.

### Total Length

16-bitové pole, celková délka IP paketu udávaná v bytech. Toto pole svým rozměrem dovoluje maximální velikost IP paketu 65535 bytes. Všichni stanice na síti musí být schopny přijmout IP pakety o velikosti 576 bytes.

### Identification

16-bitové pole, jehož hodnota využívána v procesu fragmentace.

### Flags

3 příznakové bity, využití ve fragmentaci

Bit 0: 0 = rezervováno

Bit 1: 0 = fragmentace povolena, 1 = fragmentace zakázána

Bit 2: 0 = poslední fragment, 1 = následují další fragmenty.

### Fragment Offset

13-bitové pole. Udává pozici fragmentu v původním IP paketu. Hodnota je udávána v 64 bitech. První fragment má hodnotu fragment offset = 0.

### Time to Live (TTL)

8-bitový indikátor maximální doby, po kterou může paket existovat. Každé zařízení operující na síťové vrstvě, které s tímto paketem zachází, musí dekrementovat hodnotu TTL o 1. Pokud toto pole nabude hodnoty 0, paket musí být zahozen. Původnímu odesilateli se tato situace ohlásí ICMP zprávou.

### Protocol

8-bitové pole, udává typ protokolu vyšší vrstvy.

### Header Checksum

16-bitové pole. Protože některé hodnoty se během přenosu mění (např. TTL), musí být

přepočítávána při každé manipulaci s IP paketem. Výpočet prostřednictvím 16-bitového jednotkového doplňku ze součtu IP-záhlaví.

### Source Address

32-bitová IP adresa odesílatele.

### Destination Address

32-bitová IP adresa příjemce.

### Options

n-bitové pole, options nemusí být zahrnuty v paketech, avšak všechna síťová zařízení musí být schopna zpracovat tyto informace.

Typy polí options:

A) option-type oktet

B) option type oktet + option-length oktet + actual option-data oktet.

Option type oktet se skládá z copied flag (1 bit), option class (2 bity) a option number (5 bitů) Copied flag udává informaci zda je pole option zkopírováno do všech fragmentů (0 = nezkopírováno, 1 = zkopírováno).

Option classes se dělí na:

0 = řídicí

1 = rezervováno

2 = debugging a měření

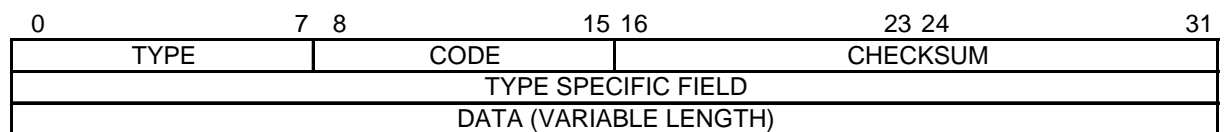
3 = rezervováno.

### Padding

Pole vyplněno nulami. Vyplňuje velikost paketu tak, aby IP záhlaví bylo 32-bitovým násobkem.

## 1.3 Internet Control Message Protocol (ICMP)

ICMP paket se vytváří modifikací IP paketu. ICMP nezaručuje bezchybné doručení zprávy.



Obr. 2 Struktura ICMP

### TYPE

8-bitové pole určující typ zprávy. Pro echo message type = 8, pro reply message type = 0.

### CODE

8-bitové pole rozlišující konkrétní druh zprávy pro daný typ (pole TYPE).

### CHECKSUM

16-bitový jednotkový doplněk ICMP záhlaví, pro výpočet platí, že pole CHECKSUM = 0.

**TYPE SPECIFIC FIELD**

32-bitové pole, jehož struktura závisí na typu zprávy. Pro echo request/echo reply zahrnuje 16-bitový identifikátor a 16-bitové sekvenční číslo.

**DATA**

Pole, jehož existence a případná délka závisí na typu zprávy.

**1.4 User Datagram Protocol (UDP)**

Protokol nespojový, tzn., že při komunikaci se nevytváří mezi stanicemi pevné spojení. Na rozdíl od TCP protokolu je zde minimum kontrolních mechanismů. Prvních 24 bytes tvoří IP paket, končící polem PADDING.

0	7	8	15	16	23	24	31
VERSION		IHL		TYPE OF SERVICE		TOTAL LENGTH	
IDENTIFICATION				FLAGS		FREGMENT OFFSET	
TIME TO LIVE			PROTOCOL		HEADER CHECKSUM		
SOURCE ADDRESS							
DESTINATION ADDRESS							
OPTIONS						PADDING	
SOURCE PORT				DESTINATION PORT			
LENGTH				CHECKSUM			
DATA OCTETS (VARIABLE LENGTH)							

Obr. 2 Struktura UDP

**SOURCE PORT**

16-bitové pole

**DESTINATION PORT**

16-bitové pole

**LENGTH**

16-bitové pole

**CHECKSUM**

16-bitový jednotkový doplněk 16 bitového jednotkového doplňku IP-záhlaví, UDP záhlaví a UDP datových oktetů uspořádaných po 16 bitech, v případě potřeby doplněných zero paddingem.

Pokud výsledná hodnota checksumu = 0, je vyslán v podobě aritmetického dopňku tj. všechna pole zaplněna "1".

## Závěr

Vzhledem k technickým potížím s konfigurací vývojového kitu a časové náročnosti tohoto tématu nebylo možné provést praktickou realizaci. Proto jsem podle bodů zadání této práce zhotovil teoretické podklady.

## Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] ST: STR91xF ARM9-based microcontroller family [online]. Dostupné z: [http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL\\_RESOURCES/TECHNICAL\\_LITERATURE/USER\\_MANUAL/CD00093849.pdf](http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL_RESOURCES/TECHNICAL_LITERATURE/USER_MANUAL/CD00093849.pdf).
- [2] Postel, J., RFC768 User Datagram Protocol, September 1981.
- [3] Postel, J., RFC791 Internet Protocol, September 1981.
- [4] Postel, J., RFC792 Internet Control Message Protocol, September 1981.
- [5] Plummer, D. C., RFC826 An Ethernet Address Resolution Protocol or Converting Network Protocol Addresses for Transmission on Ethernet Hardware, November 1982.