

文章编号: 1000 - 582X(2006)01 - 0074 - 03

无线传感器网络地址重构硅知识产权核*

陈 帅^{1,2}, 钟先信¹, 徐道连¹, 石军锋¹, 邵小良¹

(1. 重庆大学 光电技术及系统教育部重点实验室, 重庆 400030; 2 淮南师范学院 物理系, 安徽 淮南 232001)

摘 要:在基于 Zigbee协议的无线传感器网络中采用少数字节固定表示节点地址, 由于地址不够分配, 就会出现地址缺乏. 为实现无线传感器网络节点中地址的灵活调整, 适应片上系统集成化的需求, 解决无线传感器网络中地址不够分配的问题, 提出了无线传感器网络地址重构硅知识产权(IP)核. 描述了无线传感器网络地址重构 IP核的数学求解模型. 应用模块化分割技术采用硬件描述语言, 在电子设计自动化(EDA)中综合实现了地址重构 IP核. 仿真结果表明, 所完成的地址重构 IP核可以满足无线传感器网络节点地址的灵活预置调整. 为无线传感器网络节点单芯片系统的地址重构集成化提供了意义.

关键词:硅知识产权核; 地址; 重构; 无线传感器网络; Zigbee

中图分类号: TN402; TN492; TP212

文献标识码: A

20世纪 90年代以来, 随着嵌入式系统、无线通信、分布式信息处理技术、MEMS(微电子机械系统)等技术的快速发展, 具有感知、计算和无线网络通信能力的集成网络传感器(Wireless Integrated Network Sensors, WINS)^[1]以及由其构成的无线传感器网络^[2-3](Wireless Sensor Networks, WSN)引起了人们的极大关注, 被列为未来四大高技术之一^[4], 将广泛应用于军事和民用的各个领域.

每一个无线传感器网络节点都需要一个地址(或编号)以便被其它节点联系和区分. 一个 ZigBee^[5]网络可以容纳最多 254个从设备和一个主设备. 在 802.15.4^[6]网络节点中地址编号采用 16位地址或 64位扩展地址. 如果采用扩展 64位地址, 则增加了信息包的信息冗余度. 通常采用 16位有限的地址空间, 必然存在地址不够使用. 此外, 随着时间的推移, 产品的升级换代, 无法统计的地址浪费, 最终使得地址空间将耗尽. 因此, 在无线传感器节点中集成一种地址调整电路很有必要.

随着微电子技术的发展, 无线传感器网络节点的小型微型化可以采用片上系统(SOC(system on chip))实现, 而硅知识产权(IP(Intellectual Property))技术是实现SOC的基础. 如果构造地址可重构的IP核, 就可以集成在节点SOC中, 提高设计的灵活性, 同时可以增强性能、缩小体积、降低功耗、提高可靠性.

笔者先描述了无线传感器网络中地址重构IP的数学求解模型, 然后采用硬件描述语言实现了软IP核, 并采用EDA工具进行了综合, 最后进行了仿真.

1 无线传感器网络地址重构 IP核描述

设重构地址的数字调整电路系统的输入为 $x(n)$, 输出为 $y(n)$, 单位采样响应为 $h(n)$, 如图 1.

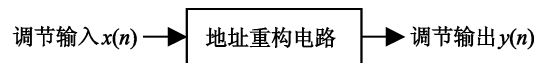


图 1 重构系统示意图

于是重构地址的调整电路系统可以表示为:

$$H(z) = Y(z) / X(z), \quad (1)$$

* 收稿日期: 2005 - 09 - 20

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(G1999033105); 重庆市科委自然科学基金项目(CSTC, 2005BB2198); 重庆市科技计划项目(8673); 安徽省高等学校自然科学基金项目(2005KJ092); 淮南师范学院青年教师科研资助计划自然科学基金项目(2004LKQ01)

作者简介: 陈帅(1969 -), 男, 四川蓬溪人, 淮南师范学院讲师, 重庆大学博士研究生, 主要研究方向: 智能化仪器及测控系统、EDA/SOC、信息处理与网络技术.

其中:

$$X(x) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} x(n) z^{-n}, Y(z) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} y(n) z^{-n},$$

$$H(z) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} h(n) z^{-n}. \quad (2)$$

问题就变成了求解 $H(z)$, 使得 $X(z)$ 的维数最小, 即:

$$\begin{cases} \text{求解 } H, \\ \text{条件: } X \text{ 的维数} = \min \end{cases} \quad (3)$$

在无线传感器网络中, 节点地址是由多个字节表示的, 则最少的输入应该包括地址字节序号 $zno(n)$ 和地址字节值 $zvalue(n)$, 以及地址重构中断信号 $int_signal(n)$, 即 X 的维数最小为 3. 如图 2 和图 3.

字节1	字节2	...	字节n
-----	-----	-----	-----

图 2 无线传感器网络节点各地址字节

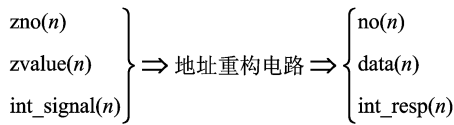


图 3 无线传感器网络节点地址重构示意图

重构电路系统的激励为:

$$x(n) = \begin{bmatrix} zno(n) \\ zvalue(n) \\ int_signal(n) \end{bmatrix}. \quad (4)$$

所以:

$$X(z) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} x(n) z^{-n} = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \begin{bmatrix} zno(n) \\ zvalue(n) \\ int_signal(n) \end{bmatrix} z^{-n} = \begin{bmatrix} zno(z) \\ zvalue(z) \\ int_signal(z) \end{bmatrix}. \quad (5)$$

无线传感器网络地址重构系统的响应为 $y(n)$, 它有字节序号响应 $no(n)$ 、字节数据响应 $data(n)$ 响应和地址重构中断响应 $int_resp(n)$ 分量, 即:

$$y(n) = \begin{bmatrix} no(n) \\ data(n) \\ int_resp(n) \end{bmatrix}. \quad (6)$$

所以:

$$Y(z) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} y(n) z^{-n} = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \begin{bmatrix} no(n) \\ data(n) \\ int_resp(n) \end{bmatrix} z^{-n} = \begin{bmatrix} no(z) \\ data(z) \\ int_resp(z) \end{bmatrix}. \quad (7)$$

于是重构电路系统为:

$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{\begin{bmatrix} no(n) \\ data(n) \\ int_resp(n) \end{bmatrix} z^{-n}}{\begin{bmatrix} zno(n) \\ zvalue(n) \\ int_signal(n) \end{bmatrix} z^{-n}} = f[zno(z), zvalue(z), int_signal(z), no(z), data(z), int_resp(z)]. \quad (8)$$

2 无线传感器网络地址重构 IP核的实现

重构电路采用时钟脉冲方式通过 $zno(z)$ 、 $zvalue(z)$ 、 $int_signal(z)$ 来调整 $no(z)$ 、 $data(z)$ 、 $int_resp(z)$ 的值, 调整过程可以表示为:

$$\begin{cases} no^{n+1} = no^n + zno, \\ data^{n+1} = data + zvalue, \\ int_resp^{n+1} = int_signal^n, \end{cases} \quad (9)$$

即每一个 zno 正脉冲在上升沿都使得 no 数值增加一, 每一个 $zvalue$ 正脉冲在上升沿都使得 $data$ 的数值增加一. 而每一个 int_resp 的电信号都跟随 int_signal 的值, 及时产生重构响应信号.

采用数字化模块分割原理^[7], 将上式分割成 3 个子系统 IP, 然后在顶层调用子系统, 从而形成全系统重构 IP. 实现的 Verilog HDL^[8] 语言代码如下:

```

module z_conf(din, dout);           //子模块
input din;
output [7:0]dout;
reg [7:0]dout;
always @(posedge din)
begin
dout[7:0] = dout[7:0] + 1;
end
endmodule

module int_f(int_signal, int_resp); //子模块
input int_signal;
output int_resp;
reg int_resp;
always @(int_signal)
begin
int_resp <= int_signal;
end
endmodule
    
```

```

module sensorip (zno, zvalue, int_signal, no, data, int_re-
sp); //顶层模块
input zno;
input zvalue;
input int_signal;
output [7:0]no;
output [7:0]data;
output int_resp;
wire [7:0]no;
wire [7:0]data;
reg int_resp;
z_conf z_conf_inst1 (zno, no);
z_conf z_conf_inst2 (zvalue, data);
int_f int_f_inst1 (int_signal, int_resp);
endmodule

```

Flow Summary	
Flow Status	Successful -Mon Nov 29 23:02:26 2004
Revision Name	sensorip
Top-level Entity Name	sensorip
Family	MAX7000S
Device	EPM7128SLC84-7
Total macrocells	17 / 128 (13 %)
Total pins	24 / 68 (35 %)

图 4 无线传感器网络地址重构 IP核编译结果 sensorip

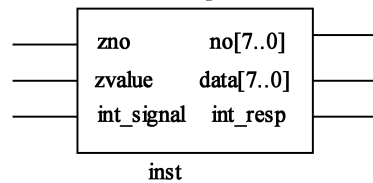


图 5 综合后的 IP核符号

将该描述的地址重构代码在 EDA 工具中进行编译 (选择器件 EPM7128SLC84 - 7),得到结果如图 4. 经过综合后可以得到地址重构 IP核符号图 (见图 5).

3 结 论

将上述的无线传感器网络地址重构 IP在 EDA 软件中仿真,结果见图 6

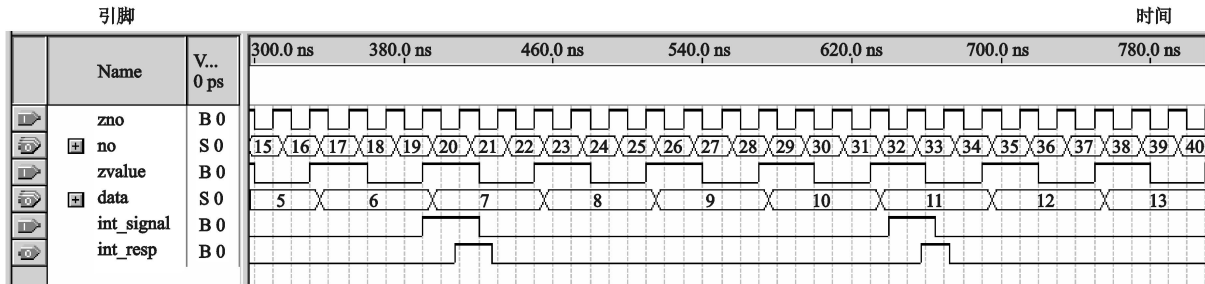


图 6 无线传感器网络节点地址重构 IP仿真结果

从图 6结果可见,每一个 zno(z)脉冲信号都使得 no(z)增加一,每一个 zvalue(z)脉冲信号都使得 data(z)增加一,每一个 int_signal(z)脉冲信号使得 int_resp(z)也输出一个响应信号.因此,通过 zno(z)脉冲信号可以灵活调节预置不同的字节序号 no(z),通过 zvalue(z)脉冲信号可以灵活调节预置不同序号字节的地址值 data(z).每当预设好一组 no(z)和 data(z)后,就通过 int_signal(z)发出一个脉冲信号 int_resp(z)做为中断信号源.无线传感器网络节点的处理通过中断获得本地地址的预置值.仿真结果表明,通过仅有 3 个输入的地址重构 IP核可以满足无线传感器网络节点地址的灵活预置调整.该 IP核为 SOC 的集成提供了基础.

参考文献:

[1] ASADA G, BGATTI I, L N TH, et al Wireless Integrated Network Sensors (WNS) [J]. Proceedings of SPIE-The International Society for Optical Engineering, 1999, (3 673): 11 - 18

[2] 任丰原,黄海宁,林闯.无线传感器网络[J].软件学报, 2003, 14(7): 1 282 - 1 291.

[3] CHEN SHUA I, ZHONG XIANX N, LIXIAOYI, et al Pervasive Reconfigurable Sensor Network Instrument[A]. The Third International Symposium on Instrument Science And Technology (ISIT '2004) [C]. Aug 18 - 22, 2004 Xi 'an, China 2000, (1): 1 248 - 1 252

[4] 张孟军.未来四大高技术将掀起产业新高潮[EB/OL].科技日报, http://www. stdaily. com, 2003 - 08 - 28

[5] 顾瑞红,张宏科.基于 ZigBee 的无线网络技术及应用[EB/OL].网络通信世界, http://www. netcom. net cn, 2005 - 06 - 23.

[6] IEEE Standards 802 15 4 - 2003 [S]. http://www. ieee802 org, 2004 - 09 - 20.

[7] 陈帅,钟先信,李晓毅,等.数字系统模块化分割原理及其在 EDA 中应用[J].系统仿真学报, 2004, 16(8): 1 638 - 1 640.

[8] 张亮.数字电路设计与 Verilog HDL[M].北京:清华大学出版社, 2000.

Models for Predicting Consequences of LNG Releases

PENG Shini, DUAN Ping

(College of Urban Construction & Environmental Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: The growth of LNG trades has grown dramatically around the world year by year. It has become one of the primary energy sources in imports of China, followed oil. Then, it comes to an important problem that how to use it safely. To resolve the potential releases of LNG and other problems involved in safety during storage and transport, computer models based CFD, such as MTB, DEGADIS, FEM3A are applied. By using small scale physical experiments for verification, economical and perfect results can be achieved, and the problems is avoided that traditional physical modeling on spot is hard to control and very expensive. Based the summary about the difficulties that the physical experiments contain, it is proposed that solving method is using ULS wind tunnel in the research of the new model FEM3A for more complex obstacle arrays and non-uniform terrain. A higher order turbulence closure model is given.

Key words: LNG; releases; model; wind tunnel; CFD; DEGADIS; FEM3A

(编辑 姚 飞)

(上接第 76 页)

Intellectual Property Core for Reconfigurable Addresses in Wireless Sensor Networks

CHEN Shuai^{1,2}, ZHONG Xian-xin¹, XU Dao-lian¹, SHI Jun-feng¹, SHAO Xiao-liang¹

(1. Key Laboratory of Optoelectronic Technology & System Under the State Ministry of Education,
Chongqing University, Chongqing 400030, China;

2. Physics Department of Huainan Normal University, Anhui Huainan 232001, China)

Abstract: Because a few bytes are utilized to denote the fixed node addresses in wireless sensor network based on Zigbee protocol, there is lack of the fixed addresses for node addresses. In order to realize flexible adjustment and solve insufficiency of node address distributed in wireless sensor networks adapting to the demand of system on chip (SOC), the reconfigurable silicon intellectual property (IP) core for address adjustment in wireless sensor networks is put forward. The mathematic model of the reconfigurable silicon intellectual property core for address adjustment in wireless sensor networks is described. Through module partition technology and hard description language, the IP core is synthesized through electronic design automation (EDA). The simulation result shows that address reconfigurable IP core is fit to address adjustment in wireless sensor networks. The IP core offers more meaning to system on single chip (SOC) in wireless sensor networks address adjustment.

Key words: silicon intellectual property; addresses; reconfiguration; wireless sensor networks; Zigbee

(编辑 张小强)