

Domótica: uma abordagem sobre redes, protocolos e soluções microprocessadas de baixo custo.

Ivan Vieira Ferreira da Silva, Engenheiro Eletricista pelo Centro Universitário CESMAC.

e-mail: ivanvieirafs@gmail.com

Sérgio Silva de Carvalho, Mestre em Ciência da Computação pela UFPE.

e-mail: ssc1511@gmail.com

RESUMO

Este trabalho realiza uma revisão sobre os principais assuntos relacionados a automação residencial, bem como abordagens sobre as redes e protocolos de comunicação utilizados na maioria das suas soluções. Serão vistas também, revisões sobre os principais tipos de microcontroladores e interfaces seriais, como os padrões RS232 e RS485.

PALAVRAS-CHAVE: Automação residencial. Domótica. Padrões abertos. RS485. Arduino. Servidor web. Microcontroladores.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente a automação residencial ainda é considerada de alto custo, principalmente para a classe média, onde soluções de automação residencial são consideradas artigos de luxo para a maioria das pessoas, diferente de classes mais privilegiadas, onde a automação anda sendo bem vista e bastante utilizada em residências e edifícios com altos padrões de luxo, onde se aliam tecnologia, conforto e segurança.

Soluções de baixo custo, para a automação de pequenas e médias residências, são alternativas para uma maior difusão da automação residencial na classe média, uma grande consumidora de tecnologias, e que representa cerca de 50% da população brasileira (UOL Economia).

2. AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

Neste capítulo será tratada a automação em geral, com um aprofundamento na automação residencial, seu histórico e uma definição de Domótica e suas aplicações.

2.1 BREVE HISTÓRICO SOBRE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

A Automação, de uma forma geral, pode ser definida como a substituição do trabalho humano por uma máquina, ou seja, é o controle de uma máquina ou sistema de forma automática, com a mínima ou sem nenhuma intervenção do homem (RIBEIRO, 1999). Automação também é um sinônimo de integração, ou seja, a junção de vários sistemas isolados de um ambiente (industrial, predial, residencial) em um único sistema. A definição de automação varia com esses ambientes, e desta forma, existem vários tipos de automação, entre os quais podemos citar: Automação Industrial, Automação Predial, Automação Residencial, Automação Comercial, Automação Bancária, entre outras (PINHEIRO, 2004).

Procurando aumentar a produtividade e qualidade de seus produtos, na década de 1960 o setor industrial começou a desenvolver máquinas para executar tarefas que até então eram executadas pela mão humana. Porém, tais máquinas eram dotadas de uma infinidade de relés e fios, que acabavam se tornando um grande problema, pois se tornavam sistemas altamente complexos e de difícil manutenção. A fim de eliminar essa infinidade de relés e fios, em 1968, Richard Morley, engenheiro da Indústria General Motors, cria um sistema capaz de resolver tal problema. Nasce então, o primeiro CLP¹ da história, um sistema que tinha como especificação permitir a flexibilidade e facilidade de montagem em máquinas, manutenção facilitada, ser totalmente programável e uma total adaptação ao ambiente industrial (KOPELVSKI, 2010). Segundo Paulo Henrique Pinto, consultor na área de automação industrial, o Controlador Lógico Programável – CLP – nasceu dentro da General Motors, em 1968, devido a grande dificuldade de mudar a lógica de controle dos painéis de comando a cada mudança na linha de montagem. Tais mudanças implicavam em altos gastos de tempo e dinheiro (PINTO, 2008).

O Controlador Lógico Programável (figura 1), ou CLP, é um dispositivo eletrônico dotado de um microprocessador capaz de controlar e gerenciar máquinas, sistemas e processos industriais. Os CLPs são sistemas compactos, com alta capacidade de controle, que permitem acionar diversas saídas em função de vários sinais de entradas combinados logicamente (PINTO, 2008).

¹ CLP – Controlador Lógico Programável



Figura 1 – Micro CLP Logo da empresa SIEMENS.
Fonte: SIEMENS (2011).

Com o crescente avanço tecnológico e a consolidação da automação industrial, o comércio foi o próximo seguimento contemplado com as tecnologias de automação na década de 1980. Inicialmente, a automação começou a ser implantada em edifícios comerciais - edifícios dotados de sistemas automatizados destinados ao controle de ar condicionado, controle de acesso, segurança patrimonial e ao atendimento de serviços de comunicação. Estes edifícios começaram a ser chamados de Edifícios Inteligentes e consequentemente a automação passou a se denominar de Automação Predial (PINHEIRO, 2004).

Graças à abertura do setor de informática e telecomunicações, na década de 1990, tecnologias de controle e automação começaram a ser popularizadas. Com isso começou a surgir o próximo seguimento da automação - a automação residencial, automatização de residenciais e apartamentos que tinha como principais objetivos o conforto, o entretenimento e segurança de seus ocupantes (PINHEIRO, 2004).

2.2 DOMÓTICA

Persianas que se fecham de acordo com a luminosidade do ambiente, controle de iluminação de cômodos com cenas pré-programadas, controle de temperatura e a abertura automática de portas e portões são alguns dos vários sistemas existentes no mundo da automação residencial. Porém, estes sistemas, na maioria das vezes funcionam de forma isolada, não havendo uma interação entre os mesmos e nem a possibilidade de um controle de todos estes sistemas de forma centralizada. Procurando unir todos os sistemas da automação de uma edificação surge a Domótica, uma filosofia que tem como objetivo unir e gerir todos

os recursos habitacionais de uma residência, escritório ou comércio em geral. Na figura 2 pode ser visto um exemplo de integração de vários sistemas de automação residencial.

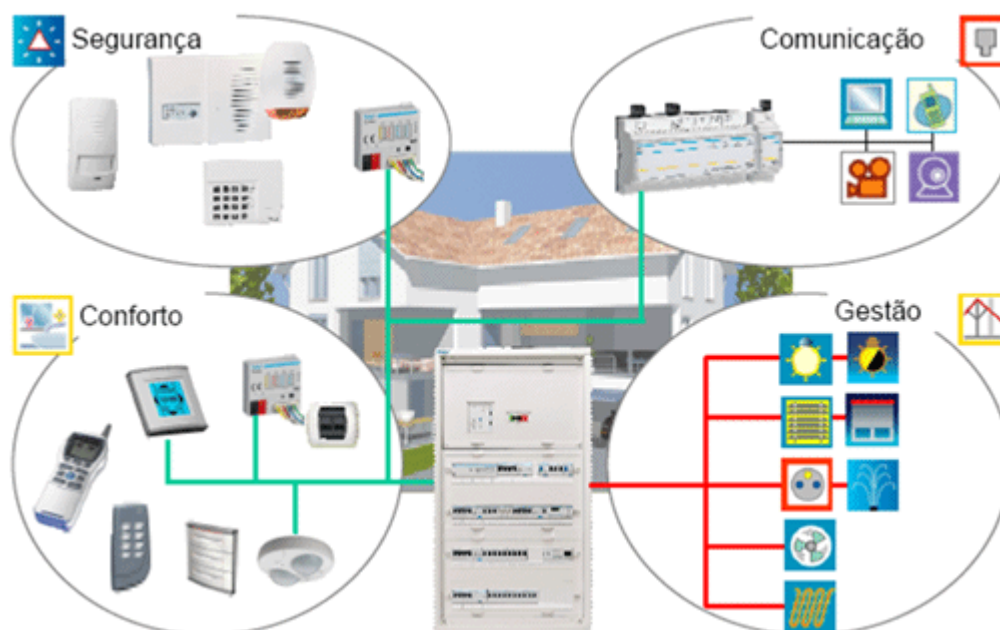


Figura 2 – Integração de recursos habitacionais de uma residência.
Fonte: mrinformatica.com

O termo Domótica, resulta da junção da palavra latina “domus” (casa, domicílio) com a palavra “robótica”. A Domótica pode ser definida como um conjunto de serviços proporcionados por sistemas integrados, com o objetivo de satisfazer as quatro necessidades básicas dos ocupantes de uma edificação: energia, comunicações, conforto e segurança. É um conceito conhecido também como "casa inteligente" (PINHEIRO, 2004).

Para a integração desses sistemas, é necessário que todos os equipamentos e dispositivos existentes “conversem” entre si, ou seja, utilizem o mesmo padrão de comunicação de uma rede de automação residencial. Porém, normalmente isso não acontece, uma vez que cada empresa da área de automação residencial possui seu próprio padrão de comunicação. Esta não padronização gera infinitas alternativas de redes de comunicação, incompatíveis entre si, dificultando assim o processo de implantação de um sistema de domótica. Isto torna a integração de todos os sistemas bastante complexa e de alto custo, pois, na maioria das vezes, os sistemas de uma habitação não pertencem a um único fabricante, contribuindo para a não aceitação da domótica. Justamente por este alto custo, se colocam o projetista e o dono da residência de frente de outro problema: qual tecnologia adotar? (NUNES, 2002). Além das tecnologias proprietárias existem as tentativas de padronização, que são os casos dos padrões X-10 e CEBus que serão tratados mais detalhadamente no próximo capítulo.

2.3 TIPOS DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

Segundo Pinheiro (2004), a automação residencial está dividida em três graus ou classes de integração, que podem determinar o grau de automação de uma edificação:

- a) Classe 1 – Sistemas Autônomos;
- b) Classe 2 – Sistemas Integrados;
- c) Classe 3 – Sistemas Complexos.

2.3.1 Sistemas autônomos

São sistemas capazes de executar um controle liga e desliga de um dispositivo ou subsistema de forma autônoma, através de uma configuração pré-definida em seu controlador e não possuem a capacidade de comunicação com outros dispositivos ou subsistemas existentes na mesma instalação. Como esse sistema é independente, cada equipamento tem seu controle próprio, não existindo assim a possibilidade de se inserir controles avançados como mudar canais de uma televisão ou faixas em um *CD-Player* (NETO, MENON, 2004).

2.3.2 Sistemas integrados

São sistemas que possuem centrais de controle. Múltiplos subsistemas de automação são integrados a um único controlador, permitindo a comunicação entre dispositivos e assim o controle e gerenciamento de toda sua residência, que por exemplo, pode ser feito através de uma IHM² (figura 3) em um ponto específico da casa. Neto e Menon (2004), afirmam que apesar das funcionalidades oferecidas pelos Sistemas Integrados estarem limitadas a operar unicamente como na forma a qual cada fabricante pretendia em seu produto, esse tipo de sistema permite a integração e uma ampla gama de benefícios aos usuários, garantindo máxima eficiência no aproveitamento dos recursos utilizados.

² IHM -Interface Homem-Máquina é um equipamento que possibilita ao operador a monitoração e interação com uma máquina ou sistema automatizado.



Figura 3 – IHM DOMO1000.
Fonte: Inrel (2011).

2.3.3 Sistemas complexos

São sistemas capazes de executar funções que há pouco tempo pareciam ser futuristas, como por exemplo, controlar e gerenciar toda residência através de um computador ou telefone celular que tenha acesso à *Internet*. Nesse tipo de sistema, se torna possível a integração de todos os subsistemas de uma residência, como *Home Theater*³, sinais de áudio e vídeo de vários ambientes, cenários de iluminação, condicionamento de ar e climatização, entre outros. Sendo assim, para que haja total integração, de uma forma simples e com o menor custo possível, é necessário prever todo o cabeamento da residência antes de sua construção, ou seja, ainda em fase de projeto (NETO; MENON, 2004).

3 MICROCONTROLADORES

Neste capítulo, será feita uma revisão sobre os microcontroladores PIC, Atmel AVR, Basic Step, Holtek e a plataforma microprocessada Arduino.

3.1 INTRODUÇÃO A MICROCONTROLADORES

Atualmente o microcomputador é o grande personagem de nossas vidas. É fato que ele afeta tudo em nossa volta. O microcontrolador interfere na forma de como nos locomovermos, como nos comunicarmos uns com os outros, na maneira de trabalhar, de fazer negócio, estudar e de nos divertir. Os microcomputadores podem principalmente dar mais produtividade e facilitar atividades básicas de nosso dia-a-dia. Grande parte desses microcomputadores integra a maioria dos equipamentos e dispositivos que encontramos tanto nas residências quanto nas indústrias. Até mesmo eletrodomésticos têm suas funções

³ *Home Theater* - Também conhecido como home cinema ou cinema em casa, é o nome que se dá ao hobby que consiste em montar pequenas salas de cinema em residências usando sofisticados aparelhos eletrônicos.

implementadas com microcontroladores, que são microcomputadores implementados em um único circuito integrado. O uso destes dispositivos se deve ao fato de serem baratos e reunirem características de *hardware* e *software* dedicadas a projetos e aplicações de automação. Segue abaixo, algumas das principais aplicações feitas com microcontroladores (GIMENEZ,2002):

- a) As de uso pessoal: relógios de pulso digitais, agendas eletrônicas, Mp3 Players, Câmeras fotográficas digitais, telefones celulares, pagers.
- b) As de uso residencial: Portões automáticos, alarmes residenciais, televisores, rádios digitais, equipamentos de áudio, Vídeo e DVD, fornos de microondas, máquinas de lavar e secar roupas, máquinas de lavar pratos, rádio-relógios digitais.
- c) As de uso industrial: CLPs, equipamentos digitais de medição de tensão e corrente elétrica, resistência ôhmica, pressão, temperatura e umidade, relógios de ponto, controladores de acesso.
- d) As de uso automotivo (eletrônica embarcada): computadores de bordo, alarmes de carros, rádio automotivos, injeções eletrônicas de automóveis e caminhões, controle de freios ABS.
- e) As de uso geral: caixas eletrônicos de bancos, catracas eletrônicas de ônibus, impressoras, teclado de computadores, computadores pessoais.

3.1.1 Conceitos básicos

Os microcomputadores são implementados fisicamente com diferentes circuitos integrados (Figura 4), onde cada um possui uma função específica no sistema. As principais partes (circuitos integrados) de um microcomputador são (GIMENEZ, 2002):

- a) Microprocessador: Conhecido também como CPU, o microprocessador é a inteligência do microcomputador. Tem a capacidade de tomar decisões através da execução de um programa gravado na memória do sistema. Ao executar um programa, ele é o responsável por obter informações a serem analisadas por meio de dispositivos de entrada (teclado, canal de comunicação serial, etc.), pelo processamento (interpretação, manipulação, cálculos lógicos ou matemáticos, etc.) das informações e pela resposta (ação) do sistema.
- b) Memória volátil (RAM/SRAM/DRAM): Memória para armazenamento de informações. Memórias capazes de realizar várias operações de leitura e escrita. Sempre que o equipamento for desenergizado, as informações contidas

na memória serão perdidas.

- c) Memória não-volátil (ROM/PROM/EPROM/EEPROM): Memória de armazenamento de programa. Geralmente essas memórias são utilizadas somente para leitura e conseqüentemente não é possível realizar operações de escrita. O programa armazenado nesse tipo de memória não é perdido caso a mesma seja desenergizada.
- d) Entradas e saídas (E/S): Responsável pelo interfaceamento das informações entre o microcomputador e o mundo externo. Geralmente são circuitos integrados capazes de ler e armazenar informações vindas do mundo externo, por exemplo, informações vindas do teclado, das portas seriais e paralela. Também podem definir informações do microcomputador para o mundo externo, por exemplo, leds, bips, auto-falantes e portas seriais.

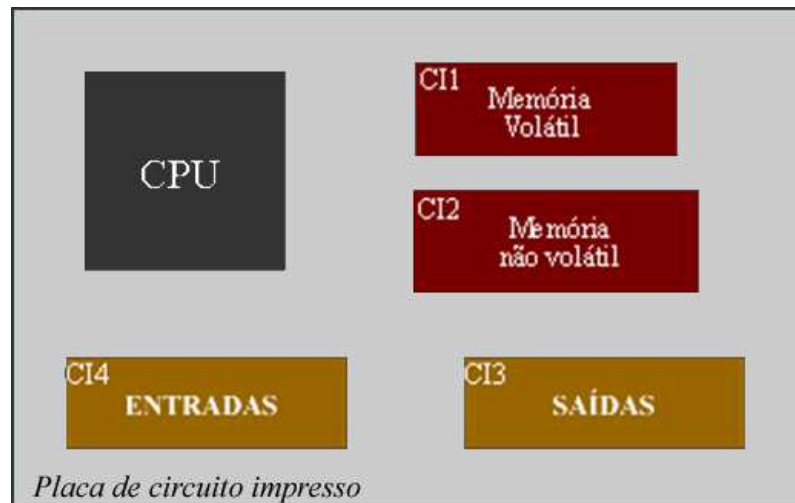


Figura 4 – Partes básicas de um microcomputador.

Segundo Gimenez (2002), um microcontrolador nada mais é que um microcomputador implementado em um único circuito integrado (Figura 5), no qual estão integradas todas as unidades básicas de um computador.

Microcontrolador é dispositivo semiconductor em forma de CI, que integra todas as partes básicas de um microcomputador – microprocessador (CPU), memórias não-voláteis (ROM/PROM/EPROM/EEPROM), memórias voláteis (RAM, SRAM, DRAM), portas de entrada e saída (portas de comunicação paralela, portas de comunicação serial, conversores analógicos/digitais, conversores digitais/analógicos, etc.) (GIMENEZ, 2002).

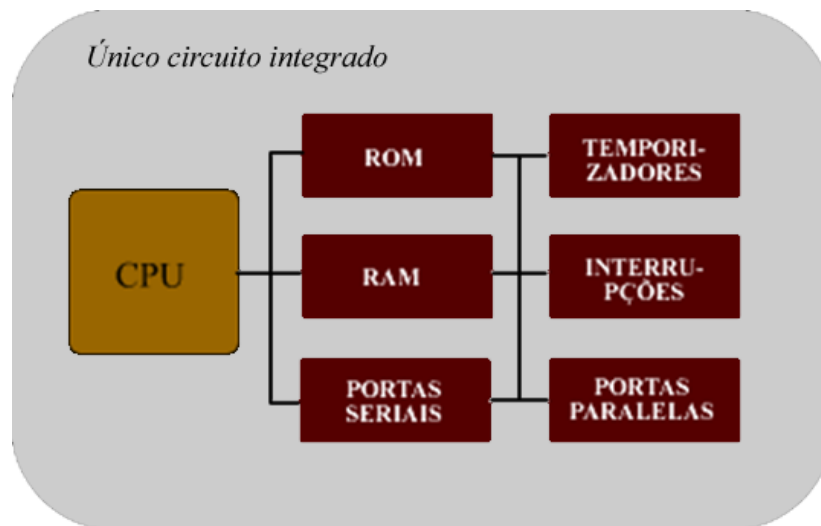


Figura 5 – Diagrama de blocos simples de um microcontrolador.

3.1.2 Tipos de microcontroladores

Atualmente existem diversos tipos de microcontroladores, de vários fabricantes, tais como Microchip, ATMEL, Holtek, Motorola, Intel e Cypress. Estão disponíveis em vários tipos de encapsulamento de CI's, sendo os mais comuns os encapsulamentos DIP (*Dual In line Package*) e o QFP (*Quad Flat Package*), conhecido também como SMD (*Surface Mounted Device*). Serão vistos a seguir alguns tipos de microcontroladores e suas principais características tanto de *hardware* quanto de *software* (CERNE TECNOLOGIA, 2011).



Figura 6 – Microcontroladores com encapsulamento DIP (esquerda) e QFP/SMD (esquerda).
Fonte: Instituição ATMEL

3.1.2.1 Microcontroladores Atmel

A ATMEL Corporation é uma empresa fabricante de semicondutores, e foi fundada em 1984. Sua produção inclui as memórias EEPROM e Flash, microcontroladores (8051, ARM, Atmel AVR), FPGAs, *chips* para smartcard, RFID, interfaces RF, CI's para automóveis e diversos componentes eletrônicos (SABER ELETRONICA, 2011).

Além de fabricar microcontroladores de arquiteturas proprietárias, como é o caso dos microcontroladores 8051, da Intel, a ATMEL possui sua arquitetura própria, a Atmel AVR. São os microcontroladores Atmel AVR 8-bit e os Atmel AVR 32-bit, que segundo a Atmel oferecem uma combinação única de desempenho, eficiência de energia, e flexibilidade de design. São projetados para serem programados com linguagem C e *assembly*, o que os torna bastante eficientes. (ATMEL, 2011). Apesar de serem baseados em uma estrutura para indústria podem ser usados normalmente para aplicações de automação residencial e predial.

Segue abaixo na Tabela 1, os quatro grupos de classificação dos microcontroladores da arquitetura Atmel AVR.

Tabela 1 – Grupos de famílias de microcontroladores Atmel AVR.

tiny AVR Série Attiny	megaAVR Série ATmega	XMEGA Série Atxmega	Atmel at94k Série FPSLIC (Circuito Integrado com Campo de Nível de Sistema Programável
Mémoire do programa de 0.5 a 8kB	Mémoire do programa de 4 a 256kB	Mémoire do programa de 16 a 384kB	*Núcleo baseado em FPGA
6 ou 32 pinos	28 ou 100 pinos	44, 64 ou 100 pinos (A4, A3, A1)	*Utiliza SRAM para o código do programa, diferente dos restantes AVRs
Conjunto limitado de periféricos	Conjunto de instruções estendidas (múltiplas instruções e instruções para gerenciamento de programas com grandes memórias)	*Maior desempenho, tal como DMA, "Evento de sistema". *Suporte a criptografia *Conjunto extensivo de periféricos	*Em parte, devido a diferença de velocidade relativa entre SRAM e Flash, este núcleo pode executar velocidade acima de 50 MHz.

Fonte: (Adaptado de www.atmel.com)

3.1.2.2 Microcontroladores Pic (Microchip)

A Microchip Technology Inc. é uma empresa líder em fornecimento de microcontroladores e semicondutores analógicos. Proporciona o desenvolvimento de produtos de baixo risco, com um menor custo e um menor tempo, para as mais variadas aplicações e para uma diversidade de clientes em todo o mundo. Ela desenvolve os microcontroladores da família PIC, uns dos mais usados microcontroladores para projetos eletrônicos.

É fato que os microcontroladores da família PIC estão sendo cada vez mais usados em projetos eletrônicos, por possuírem uma extensa variedade de modelos, com

características internas que definem a sua melhor aplicação, e principalmente por serem microcontroladores considerados de baixo custo. São microcontroladores que processam dados de 8, 16 e 32 bits. Já no quesito *software*, os microcontroladores PIC são capazes de serem programados em diversas linguagens, por exemplo, a linguagem C, *assembly*, BASIC e LADDER. Possuem diversos periféricos internos que definem suas funcionalidades e performance, por exemplo, quantidades de entradas e saídas tanto analógicas quanto digitais, capacidade de processamento, quantidade de temporizadores e interrupções e portas de comunicação.

Podem ser vistos a seguir alguns dos principais periféricos internos dos microcontroladores PIC:

- a) Conversores Analógicos-Digitais de 8 a 12 bits;
- b) Conversores Analógico-Digitais de 8 a 12 bits;
- c) Contadores e *timers* de 8 e 16 bits;
- d) Comparadores Analógicos;
- e) USARTs;
- f) Controladores de comunicação I2C, SSP, USB;
- g) Controladores PWM;
- h) Controladores de LCD;
- i) Controladores de motores;
- j) Periféricos para LIN, CAN;
- k) Controladores *Ethernet*;
- l) Periféricos IRDA;
- m) Codificadores para criptografia *Keeloq*;
- n) *Watchdog timer*;
- o) Detectores de falha na alimentação;
- p) Portas digitais com capacidade de 25 mA (fornecer ou drenar) para acionar circuitos externos;
- q) Osciladores internos.

Tabela 2 – Exemplos de algumas características de microcontroladores PIC.

Microcontrolador	Arquitetura	Flash(KB)	EEPROM(KB)	RAM (KB)	CPU SPEED (MHZ)	ADC Bits	UART'S	Timers	SPI	I2C	USB
PIC10F204	8	0.37	0	0.01	4,1	0	0	1	0	0	-
PIC12F519	8	1.5	64	0.04	8,2	0	0	0	0	0	-
PIC16F1824	8	7	256	0.25	32,8	10	1	5	1	1	-
PIC18F24J50	8	16	0	3.7	48,12	10	2	5	2	2	Device
PIC24FJ32GA102	16	32	0	8	32,16	10	2	5	2	2	-
PIC32MX340F512H	32	512	0	32	80,8	10	2	6	2	2	-

Fonte: (adaptado de <http://www.microchip.com>).

3.1.2.3 Microcontroladores Holtek

Holtek Semiconductor Inc. é uma empresa de Taiwan, fabricante de CI's semicondutores, especialmente de microcontroladores com recursos mais focados nos vários seguimentos do mercado. Muitos dos produtos microcontrolados inseridos no mercado não necessitam de microcontroladores sofisticados, com diversos periféricos e performances sofisticadas. Percebendo tal necessidade do mercado, a Holtek Semicondutores desenvolveu uma família de semicondutores para atender esta demanda. Estas famílias vão desde controladores de teclado, conversores Analógicos/Digital, *drivers* para *mouses*, controladores USB e *drivers* para LCDs. Dentro das várias famílias criadas existe a família MTP HT-48EXX que permite a fácil aplicação de microcontroladores em projetos que demandam um número reduzido de periféricos, pois nessa família o controle de I/O foi priorizado. Todos os periféricos inseridos à esta família foram pensados para o controle de I/O (*Timers*, *Watchdog Timer* e controle de *buzzer*).

Desta forma, estes microcontroladores alcançam um excelente custo/benefício, dentro de especificações de projeto, característica fundamental para o sucesso de produtos microcontrolados manufaturados. A seguir serão descritas algumas das características desta família de microcontroladores.

As principais características da família Holtek HT48EXX são:

- a) Tensão de alimentação entre 2,2 e 5,5VDC (dependente da frequência de *clock*);
- b) Baixo consumo: 2mA a 4MHz;
- c) Até 56 pinos de I/O (dependendo do modelo) ;
- d) Memória para programa reprogramável (1000 ciclos W/R) com até 8 KBytes;

- e) Memória para dados (RAM) com até 226 *bytes*;
- f) Memória EEPROM (1.000.000 ciclos W/R) para dados com até 256 *bytes*;
- g) *Timers* de 8 e 16 *bits*;
- h) Modo HALT para economia de energia;
- i) Uma interrupção externa;
- j) Até duas interrupções internas;
- k) Até seis níveis na pilha;
- l) WDT (*Watch Dog Timer*);
- m) Dois modos para *clock* – RC interno e cristal;
- n) *Clock* de operação de 400 kHz à 8MHz;
- o) *Drive* integrado para controle de *Buzzer*.

3.1.2.4 Basic Step

O Basic Step é um *embedded*, ou seja, é um sistema embarcado que utiliza *softwares* e componentes com um fim específico. É desenvolvido pela empresa Tato Equipamentos Eletrônicos, sendo considerada a versão brasileira do famoso microcontrolador Basic Stamp, da indústria norte americana Parallax. É um microcontrolador que possui um compilador próprio com instruções em português e inglês, muito fáceis de utilizar, chamadas de TBASIC (português) e PBASIC (inglês) (AGNES, 2003).

Como pode ser visto na Figura 7, o Basic Step é montado com um microcontrolador PIC16F628, englobando em uma única placa de circuito impresso este microcontrolador, uma memória com o interpretador PBASIC e um regulador de tensão. Além de sua facilidade de programação, ele é programado diretamente pela porta serial de um computador, utilizando apenas um cabo serial simples, e por isso não necessita de gravadores caros e difíceis de construir. Segue abaixo algumas de suas principais características (AGNES, 2003).

- a) Alimentação de 7,5 a 15 VCC;
- b) 8 linhas de I/O bidirecionais programáveis independentemente;
- c) 5 entradas Analógicas (conversores AD);
- d) 256 *bytes* de memória de programa EEPROM;
- e) 16 *bytes* de memória RAM (2 para I/O's e 14 para variáveis);
- f) *Clock* de 8MHZ interno (5.000 instruções por segundo);
- g) Comunicação RS232 até 2400 bps em qualquer pino.

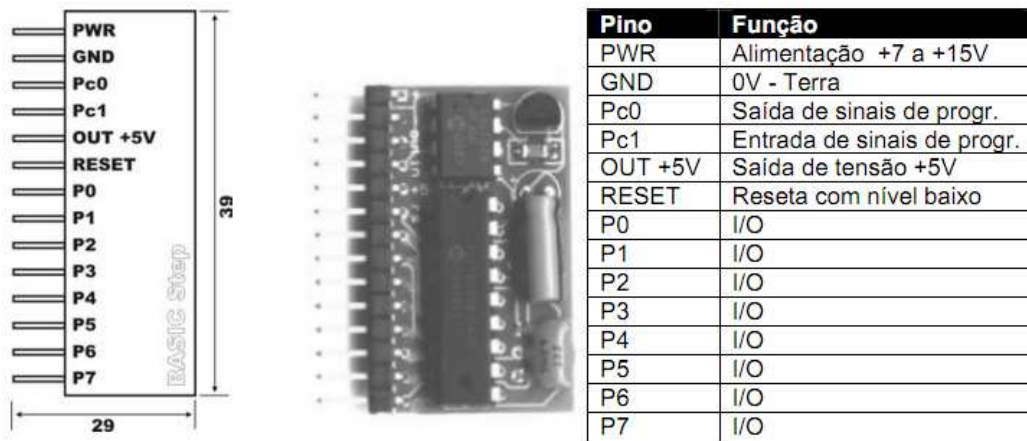


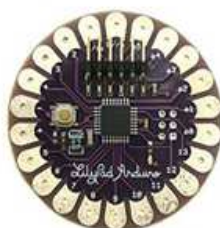
Figura 7 – Basic Step 1 e suas características.
 Autor: Agnes (2003).

3.1.2.5 Plataforma Arduino

Arduino é uma plataforma microprocessada que utiliza microcontroladores da empresa fabricante de semicondutores ATMEL, especialmente os microcontroladores ATmega128 e o ATmega328. Seu nome tem origem italiana, porém existem diversos sócias de nomenclaturas diferentes tais como: Severino, Freeduino, Seeduino, CraftDuino, entre outros de diversos países (SOUZA, 2010). Existem vários modelos da linha original Arduino, como o Arduino UNO, Arduino 2009, Arduino nano, Arduino mini, Arduino pro-mini, Arduino LilyPad, entre outros.



Arduino Uno



Arduino LilyPad



Arduino Nano

Figura 8 – 3 modelos da linha original arduino.
 Fonte: (Arduino.cc, 2011).

Dentro de suas principais vantagens, pode se destacar o fato de ser um sistema *open-source*, que funciona em diferentes sistemas operacionais, como *Linux*, *Macintosh* e *Windows*, e também o fato de ser bastante econômico comparado com outras ferramentas de iguais funcionalidades existentes do mercado. Além disso, o Arduino possui a capacidade de ser alimentado tanto pela porta USB de um computador quanto por uma fonte DC qualquer, e conta com uma característica bastante interessante, que é a capacidade de expansão de funcionalidades através de placas, chamadas de *Shields*, que proporcionam uma maior usabilidade e interabilidade com o meio exterior, garantindo assim uma enorme gama de aplicações. Existem vários *shields* disponíveis para a expansão de funcionalidades, como por exemplo, *Ethernet Shield*, *XBee Shield*, *Motor Shield*, *Proto Shield*, etc.

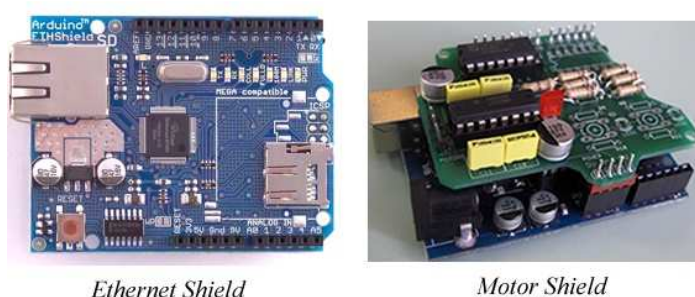


Figura 9 – Arduino Shields. Autor: Arduino.cc, 2011.

O ambiente de desenvolvimento é *open-source*, podendo ser obtido facilmente no site oficial do Arduino. A linguagem de programação utilizada nessa plataforma é a linguagem C, bastante utilizada por vários microcontroladores, porém, a versão para o Arduino é uma versão simplificada, possuindo o mesmo tipo de regras e funções básicas das instruções da linguagem C original. Para gravar um programa feito na IDE do Arduino não é necessário nenhum *hardware* externo, pois o mesmo possui um *Bootloader*⁴ de origem, que nada mais é que um programa que controla a comunicação com o computador, gerenciando a memória para as informações recebidas, utilizado justamente para que não seja necessário um gravador específico de *firmware*⁵.

⁴ *Bootloader* - Software que controla a comunicação com o PC gerenciando a memória para as informações recebidas.

⁵ *Firmware* - Denominação referente ao software embarcado. É um conjunto de regras que rege o funcionamento do sistema, sendo a essência de um sistema embarcado.

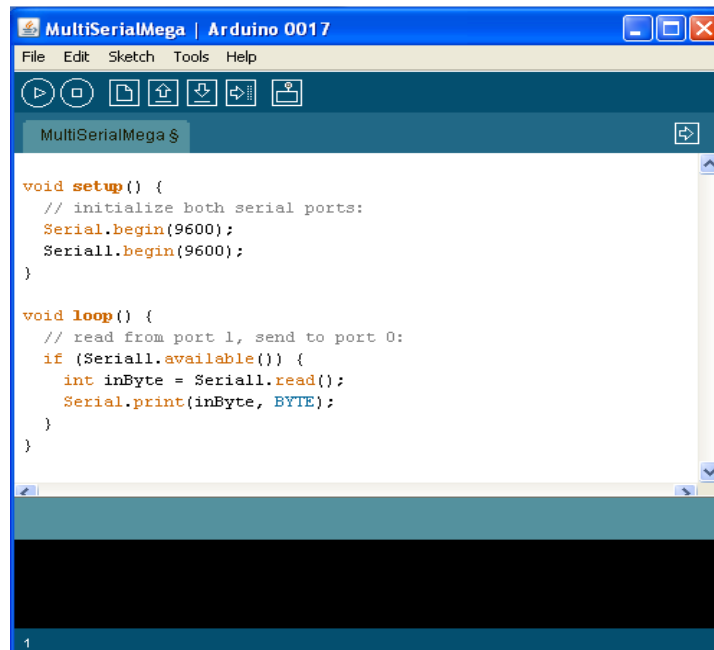


Figura 10 – IDE Arduino.

4 REDES DE COMUNICAÇÃO

Neste capítulo, será feita uma revisão sobre as principais redes de comunicação usadas para projetos de automação residencial, como é o caso dos padrões RS-232, RS-485 e da tecnologia PLC. Serão vistos também dois dos protocolos de comunicação mais usados na automação residencial, o X-10 e o CEBus. Vale ressaltar que este trabalho trata apenas das redes que usam “fios” como meio de comunicação. Sistemas “sem fio” como *ZigBee*, *Wi-fi* e *Bluetooth* não serão vistos neste trabalho.

Se um sistema eletrônico qualquer consiste de vários dispositivos dispostos em locais diferentes, e todos esses dispositivos necessitam trocar informações entre eles ou com uma central de controle, certamente se faz necessário um meio de comunicação entre os mesmos. Por traçado de cabos, sinal de rádio frequência e fibra ótica são exemplos de meios de comunicação que podem ser utilizados para a troca de informações entre dispositivos eletrônicos. Para que haja a troca de informações, os dispositivos devem estar conectados entre si, ou seja, fazerem parte de uma rede de comunicação que os interliguem e lhes dêem a capacidade de se comunicarem.

Logicamente, para escolher o meio de comunicação de uma rede de um sistema, é necessário levar em consideração suas características e necessidades, como a velocidade de transmissão das informações, a distância entre os dispositivos e a central de controle e o nível de imunidade a ruídos e interferências. Tudo isso poderá definir se o meio de comunicação será viável para o sistema, tanto operacionalmente quanto financeiramente.

A seguir será feita uma breve revisão sobre comunicação serial e sobre algumas redes de comunicação usadas em automação residencial, tanto do ponto de vista de *hardware* quanto de *software*.

4.1 CONCEITOS BÁSICOS DE COMUNICAÇÃO SERIAL

A troca de informações entre dispositivos eletrônicos é feita de forma digital. Estas informações são representadas em formato de *bits* de dados individuais, que podem ser agrupados em mensagens de vários *bits*. Um *byte* (conjunto de 8 *bits*) é um exemplo de uma unidade de mensagem que pode ser transmitida através de um canal digital em um meio de comunicação (CANZIAN, 2011).

Como pode ser visto na Figura 11, um canal de comunicação pode ser classificado basicamente como canal *simplex*, canal *half-duplex* e canal *full-duplex*. Em um canal onde a direção da informação transmitida é inalterada, o canal é referido como canal *simplex*. Um exemplo de canal *simplex* é uma estação de rádio, porque ela sempre transmite o sinal para os ouvintes e a transmissão inversa nunca é permitida. Existe também o canal *half-duplex*, onde a direção da informação transmitida pode ser revertida, ou seja, a informação poderá fluir nas duas direções, porém, nunca ao mesmo tempo. Um exemplo de canal *half-duplex* é uma chamada rádio-telefônica, onde uma parte fala enquanto a outra escuta. Nestes sistemas a frequência de transmissão e de recepção é mesma, ou seja, ou se transmite ou se recebe a informação. Já no canal *full-duplex*, as informações transmitidas podem trafegar simultaneamente no canal de comunicação em ambas as direções. Este canal pode ser visto como dois canais *simplex*, um canal direto e um canal reverso, conectados nos mesmos pontos (CANZIAN, 2011).

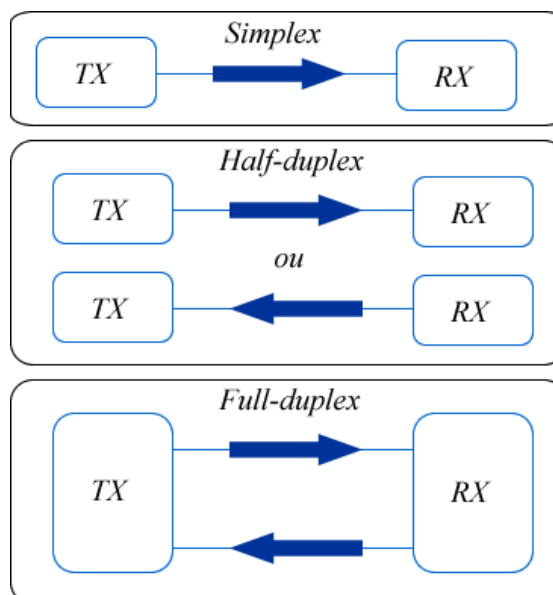


Figura 11 – Canais de comunicação.

As informações digitais que são transmitidas em um canal de comunicação, na maioria das vezes são compostas de vários *bits*. Os blocos de *bits* de uma mensagem são quebrados em blocos menores e transmitidos sequencialmente, ou seja, são enviados um de cada vez. Esta transmissão é chamada de bit-serial e cada *bit* representa uma parte da mensagem. Os *bits* individuais são rearranjados no receptor para compor a mensagem original. A transmissão bit-serial normalmente é chamada de comunicação serial ou transmissão serial e é a comunicação mais usada em periféricos de microcomputadores e outros equipamentos eletrônicos.

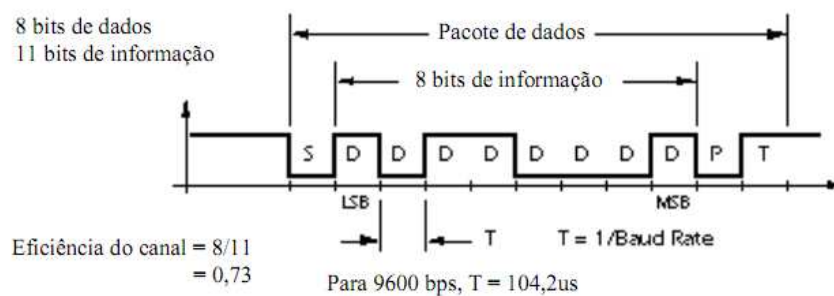


Figura 12 – Pacote de dados de uma comunicação bit-serial.
Fonte: CANZIAN (2011).

Na Figura 12, pode ser visto como os *bits* são transmitidos serialmente em um canal, o pacote de dados e sua taxa de transferência. A velocidade com que estas informações são transmitidas pelo canal de comunicação é chamada de taxa de transferência (*Baud Rate*) e é medida em transições elétricas por segundo. Como exemplo, na norma EIA232, a cada bit transmitido ocorre uma transição de sinal elétrico, e a taxa de transferência e a taxa de *bit* (*bit rate*) são idênticas. Desta forma, uma taxa de transferência de 9600 *bauds* corresponde a uma transferência de 9600 *bits* por segundo, ou um período de aproximadamente 104 μs (1/9600 s) (CANZIAN, 2011).

Uma transmissão serial em um canal pode ser feita de forma síncrona ou de forma assíncrona. Na transmissão síncrona, os pacotes de informação são enviados seguidos de uma pausa, possivelmente com um comprimento de pausa variável entre pacotes, até que a mensagem seja totalmente transmitida. Dois canais são usados, um para a transmissão de dados e outro para informações de tempo (*clock*).

Nesta transmissão, o receptor deve saber o momento certo para ler os bits individuais desse canal, saber exatamente quando um pacote começa a ser transmitido e quanto tempo decorre entre a passagem de *bits*. Quando esta temporização for conhecida, o

receptor é dito estar sincronizado com o transmissor, e a transmissão dos dados torna-se possível. Falhas de sincronismo entre transmissor e receptor durante a transmissão de um pacote irá causar a corrupção ou perda dos dados. Já na transmissão assíncrona, a informação trafega por um único canal, ou seja, não existe o segundo canal com informações de tempo. O transmissor e o receptor devem ser configurados previamente para que haja comunicação. O receptor terá que possuir um oscilador preciso que irá gerar um sinal de *clock* interno que é igual (ou muito próximo) ao do transmissor. Em um protocolo serial simples, os dados são transmitidos em pequenos pacotes de 10 ou 11 *bits*, onde 8 *bits* constituem a mensagem propriamente dita e o restante para sinalização de início e fim de transmissão.

Quando o canal está em repouso, o mesmo permanece com um nível lógico “1”. Um pacote de dados tem seu início sinalizado por um nível lógico zero (*start bit*), para avisar ao receptor que uma transmissão foi iniciada. Este “*start bit*” inicializa um temporizador interno no receptor, avisando-o que uma transmissão será iniciada e que será preciso pulsos de *clock*. Como pode ser visto na Figura 13, seguido do *start bit*, 8 bits de dados são enviados na taxa de transmissão previamente configurada, tanto no transmissor quanto no receptor, e por fim, o pacote é concluído com os bits de paridade e de parada (*stop bit*).

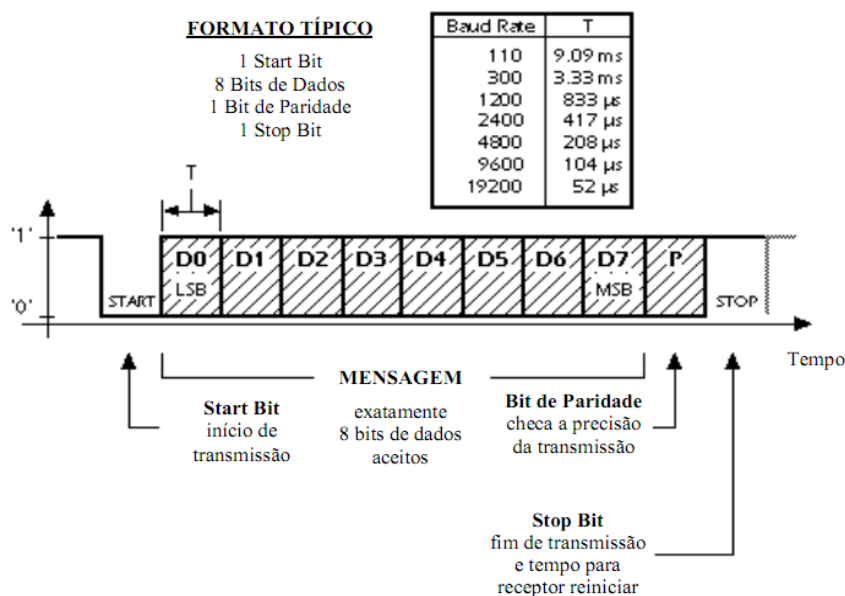


Figura 13 – Transmissão serial assíncrona.

Fonte: CANZIAN (2011).

4.2 INTERFACE SERIAL RS-232 (EIA232)

A sigla RS é uma abreviação de “*Recommended Standard*” (padrão recomendado). Ela especifica uma padronização de uma interface comum para a comunicação

de dados entre dispositivos eletrônicos. Foi criada no início dos anos 60, por um comitê conhecido atualmente como EIA (Eletronic Industries Alliance) (SOUZA, 2011).

Naquele tempo, a comunicação de dados compreendia a troca de dados digitais entre um computador central (mainframe) e terminais de computador remotos, ou entre dois terminais sem o envolvimento do computador. Estes dispositivos poderiam ser conectados através de linha telefônica, e conseqüentemente necessitavam de um modem em cada lado para fazer a decodificação dos sinais (SOUZA, 2011).

Nasceu então o padrão RS-232, que especifica as características elétricas, mecânicas, e um protocolo de comunicação entre os dispositivos. Neste padrão, os sinais são representados por níveis de tensão em relação ao terra. Existem três condutores para a comunicação RS-232, um condutor para transmissão, outro para recepção e um último para o condutor terra, usado para referenciar os níveis de tensão.

Este tipo de interface serial é útil para uma comunicação ponto-a-ponto a baixas velocidades de transmissão (SILVA; SOBRINHO; AQUINO, 2006). A Figura 14 mostra detalhadamente como funciona a referencia dos níveis lógicos de tensão. A seguir serão descritas algumas características desse padrão (SILVA; SOBRINHO; AQUINO, 2006):

- Nível lógico "1" corresponde a uma tensão entre -3V e -25V;
- Nível lógico "0" corresponde a uma tensão entre +3V e +25V;
- Valores de tensão entre -3 e +3V são indefinidos e precisam ser evitados;
- Usam os conectores DB9 e o DB25;
- Comunicação ponto-a-ponto;
- Usado para pequenas distancias (aproximadamente 15m a 9600 *bauds*).

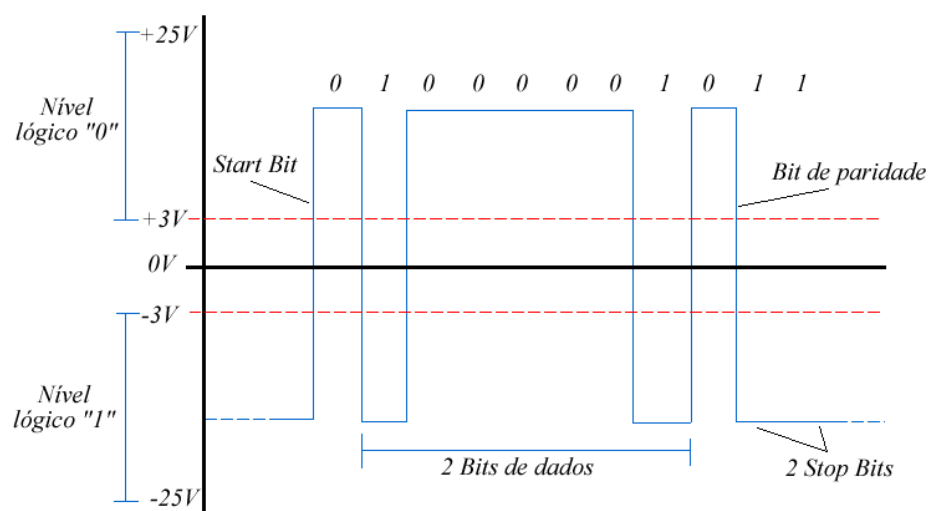


Figura 14 – Estrutura do envio de dados do padrão RS-232 e seus níveis de tensão.

4.3 INTERFACE SERIAL RS-485 (EIA485)

O padrão RS-485 é administrado pela Telecommunication Industry Association (TIA) que é responsável pelo setor de comunicação da Eletronic Industries Alliance (EIA) (SILVA; SOBRINHO; AQUINO, 2006). Segundo Leão (2007), o padrão RS-485 apenas especifica as características elétricas e os modos de operação da rede, não especificando e nem recomendando nenhum protocolo de comunicação.

Diferente do padrão RS-232, onde a comunicação é do tipo ponto-a-ponto, o padrão RS-485 trabalha no modo multiponto (por exemplo uma comunicação mestre/escravo), sendo capaz de interligar até 32 dispositivos remotos por nós na rede. Este padrão utiliza um principio de funcionamento elétrico diferente do padrão RS-232.

Neste padrão é utilizado apenas 2 fios, chamados de A e B. Tem-se o nível lógico 1, por exemplo, quando A for positivo e B negativo, conseqüentemente nível lógico 0 quando B for positivo e A negativo. Portanto, verifica-se que o nível lógico é sempre determinado pela diferença de tensão entre os dois fios A e B, daí o nome de modo de operação diferencial (Figura 15). (SILVA; SOBRINHO; AQUINO, 2006)

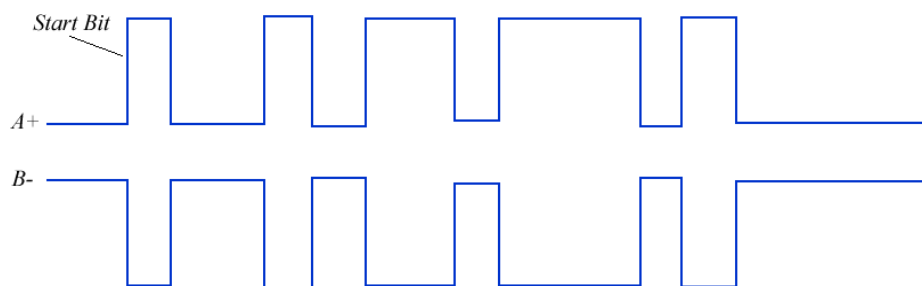


Figura 15 – Modo de operação diferencial.

Na Tabela 3 podem ser vistas as principais características elétricas do padrão RS-485.

Tabela 3 – Características Elétricas do padrão RS-485.

Parâmetro	Valor
Modo de operação	DIFERENCIAL
Número de TX e RX	32 TX, 32 RX
Comprimento máximo	1200m
Taxa máxima de comunicação	10Mbps
Tensão máxima em modo comum	12 a -7 Volts
Tensão mínima de transmissão (com carga)	$\pm 1,5$ Volts
Tensão mínima de transmissão (sem carga)	± 6 Volts
Impedância mínima de carga	60 Ω
Limite da corrente minima da saída em um circuito (mA)	150 para terra, 250 para -7 até 12 Volts
Impedância de entrada do RX	12 K Ω
Sensibilidade do RX	± 200 mV

São várias as vantagens do padrão RS-485 em comparação ao padrão RS-232. Como exemplo, pode-se citar a alta robustez do sistema quando se refere a interferências e ruídos, já que a transmissão é feita de forma balanceada. Desta forma, se um ruído for introduzido na linha de transmissão RS-485, ele será induzido nos dois fios, de modo que a diferença dessa interferência entre A e B tenderá a ser quase nula. Por isso que o alcance máximo de um comprimento de um cabo chega a aproximadamente 1200m, já que esta linha quase não sofre nenhum nível de interferência e ruído (SILVA; SOBRINHO; AQUINO, 2006).

As principais vantagens do padrão RS-485 em relação ao padrão RS-232 são (SILVA; SOBRINHO; AQUINO, 2006) (LEÃO, 2007):

- a) Grande imunidade a IEM (Interferências eletro-magnéticas) devido ao modo diferencial de comunicação;
- b) Distancia máxima de 1200m;
- c) Taxas de comunicação de até 10Mbps (em 12m) e 100Kbps (1200m);
- d) Utilização de apenas um par de fios;
- e) Modo *Half-duplex*, mas pode operar em *Full-duplex*;
- f) Comunicação de forma diferencial;
- g) 32 terminais remotos.

4.4 REDES PLC

Uma rede PLC (*Power Line Communication*) é uma rede de comunicação capaz de trafegar dados pela rede elétrica de uma residência. Por conter muitos ruídos, o tráfego de dados em uma rede elétrica é quase impraticável, pois a mesma, inicialmente, não foi desenvolvida para tal aplicação. Porém, com o avanço tecnológico e após várias pesquisas e testes, foram desenvolvidas técnicas capazes de superar estes problemas referentes aos ruídos e interferências, tornando viável o uso da mesma. Esta tecnologia utiliza os cabos da rede elétrica para enviar e receber dados de sinais de controle, monitoramento e emergência, usando sistemas ponto-a-ponto, dentro de um prédio ou residência, ou de um prédio para outro, sem a necessidade de um cabeamento específico para isto.

Além do uso em automação residencial e predial, a tecnologia PLC está se tornando mais uma opção para o tráfego de dados em banda larga, ou seja, para acesso à

Internet, mais uma opção de conectividade além dos sistemas wireless, pares de fio de cobre, de satélite, cabos coaxiais e fibra ótica.

O PLC transforma a rede elétrica de prédios e residências em uma verdadeira LAN, convertendo cada tomada de energia também em pontos de voz e dados. Para isto, roteadores são instalados junto aos transformadores de energia das ruas e, na entrada dos prédios, um decodificador, semelhante aos modems, separa a corrente elétrica dos sinais de voz, dados e Internet (LIMA, 2011).

Mesmo com a vantagem de não necessitar de uma infraestrutura específica para o tráfego de dados, utilizando a própria rede elétrica como meio de transmissão, a tecnologia PLC possui alguns problemas que tornam o seu uso não tão viável para o acesso a *Internet*, se tornando assim mais indicada para a automação e controle de dispositivos em uma residência ou edifício. Pode ser visto a seguir algumas desvantagens desta tecnologia (LIMA, 2011):

- a) A rede é sujeita a todo tipo de interferência e ruídos gerados por fontes chaveadas, motores, *dimmers* e intempéries;
- b) Existe uma grande oscilação de impedância, atenuação e frequência na rede elétrica, de um momento para o outro, a medida que aparelhos conectados a rede são ligados ou desligados;
- c) Os transformadores são considerados verdadeiras barreiras para a transmissão dos dados quando se quer transmitir informações a longas distancias;
- d) A largura de banda disponível na rede é compartilhada por todas as casas conectadas numa mesma subestação, o que significa que o desempenho da conexão varia de acordo com o número de pessoas que estiverem navegando ou baixando arquivos simultaneamente.

4.4.1 Princípio de funcionamento

O princípio de funcionamento de uma rede PLC é baseado na modulação de sinais de alta frequência em uma rede de distribuição elétrica. Estes sinais são modulados para que se transformem em outros sinais com uma forma adequada para a transmissão através da rede elétrica. No processo de modulação, algum parâmetro da onda portadora é modificado de acordo com a mensagem a ser enviada pelo canal de transmissão. No receptor, a mensagem é recriada a partir do sinal recebido através do canal (processo de demodulação). Ruídos e interferências impossibilitam a recriação original do sinal. A degradação do sinal, como um todo, será influenciada pelo tipo de modulação usada nessa transmissão, sendo algum desses tipos de modulação mais sensíveis a ruídos e interferências que outros (VARGAS, 2004).

A modulação pode ser classificada como modulação por pulsos e modulação contínua.

4.4.1.1 Modulação de onda contínua

A modulação de onda contínua é dita como a modulação analógica, a forma analógica de modulação, que utiliza uma onda portadora senoidal para transmitir a informação pelo canal de comunicação. A modulação de onda contínua é dividida em modulação por amplitude e modulação por ângulo (LIMA, 2004).

4.4.1.1.1 Modulação por amplitude

Na modulação por amplitude, a onda portadora é variada de acordo com o sinal a ser transmitido. A Figura 16 mostra um sinal a ser transmitido em modulação por amplitude e seu equivalente após a modulação.

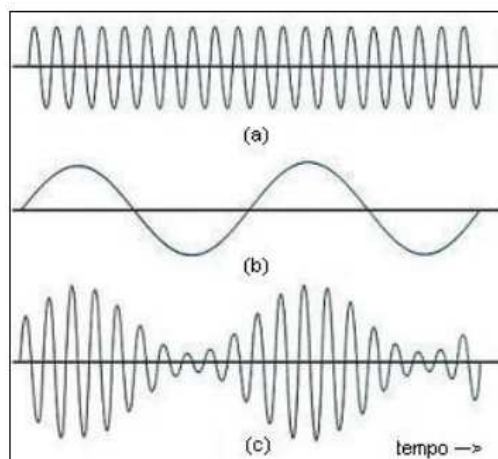


Figura 16 – Modulação de onda contínua por amplitude.
(a) Onda portadora, (b) Sinal a ser transmitido. (c) Sinal modulado em amplitude.

Autor: LIMA.

4.4.1.1.2 Modulação por ângulo

Na modulação de onda contínua por ângulo, o ângulo da portadora é variado de acordo com o sinal a ser transmitido. Os principais métodos deste tipo de modulação são: *Phase Modulation* – PM (Modulação em Fase) e *Frequency Modulation* – FM (Frequência modulada). Segundo Lima (2004), a modulação por fase consiste em variar linearmente o ângulo do sinal modulado, enquanto a modulação em frequência varia a frequência do sinal modulado. Um sinal FM pode ser obtido de um sinal PM e vice-versa. Portanto, todas as propriedades de um sinal FM podem ser deduzidas das propriedades de um sinal sinal PM. Pode ser visto na Figura 17 uma modulação em frequência (LIMA, 2004).

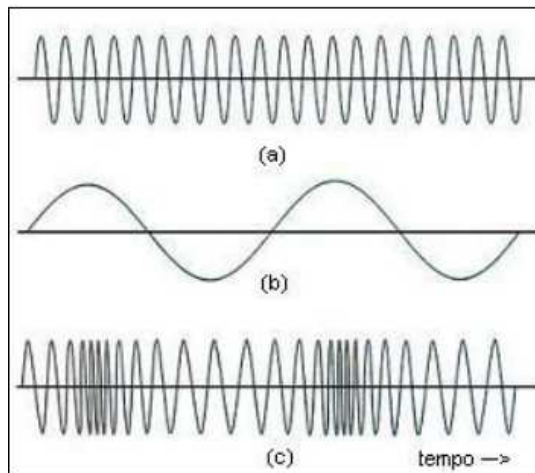


Figura 17 – Modulação de onda contínua em frequência. (a) Onda portadora. (b) Sinal a ser transmitido. (c) Sinal modulado em frequência.
 Autor: LIMA.

4.4.1.2 Modulação por pulsos

A modulação por pulsos é a forma digital de modulação. Ao contrário de uma onda senoidal, um trem de pulsos é usado para transmitir as informações, e a base dessa modulação é o processo de amostragem.

O processo de amostragem consiste em amostrar-se um sinal analógico em determinados instantes de tempo gerando uma seqüência de amostras, normalmente uniformemente espaçadas no tempo. É necessário que se escolha adequadamente a taxa de amostragem de forma que a seqüência de pulsos gerada defina unicamente o sinal analógico original. O Teorema de Nyquist estabelece que essa taxa deve ser maior do que o dobro da frequência do sinal a ser amostrado para que se possa recuperar o sinal original a partir de suas amostras (LIMA, 2004).

Basicamente existem dois tipos de modulação por pulsos: a analógica e a digital.

4.4.1.2.1 Modulação por pulsos analógica

Esse tipo de modulação utiliza um trem de pulsos periódico como onda portadora e varia-se alguma propriedade de cada pulso de acordo com o valor amostrado correspondente do sinal da mensagem. As variações nos pulsos podem ocorrer na amplitude (como pode ser visto na Figura 18), na duração e na posição. A informação é transmitida de forma analógica, mas em instantes de tempo discretos.

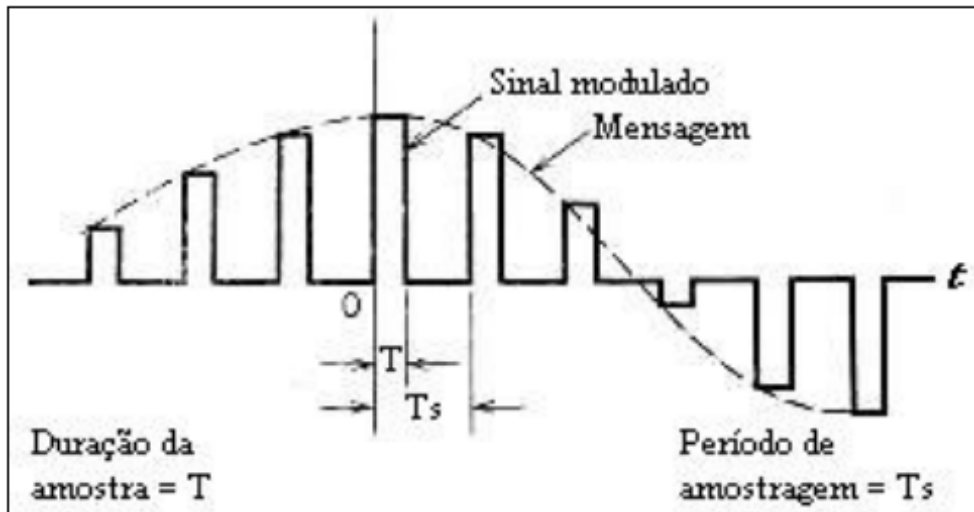


Figura 18 – Modulação por pulsos em amplitude.
 Fonte: LIMA (2004).

4.4.1.2.2 Modulação por pulsos digital

Na modulação por pulsos digital a mensagem é representada de uma forma que se torna discreta tanto na amplitude quanto no tempo, permitindo, então, a sua transmissão de forma digital como uma sequência de pulsos de código. Código é uma representação discreta de um conjunto de valores discretos. Cada valor dentro de um código é chamado símbolo. Em um código binário, por exemplo, cada símbolo pode ter um de dois valores: ausência ou presença de pulso.

Existem diversos tipos de modulação por pulsos digital: unipolar sem retorno a zero (NRZ), polar sem retorno a zero (NRZ), unipolar com retorno a zero (RZ), bipolar com retorno a zero (BRZ) e Código Manchester. Podem ser visto na Figura 19 alguns exemplos desses tipos de modulação (LIMA, 2004).

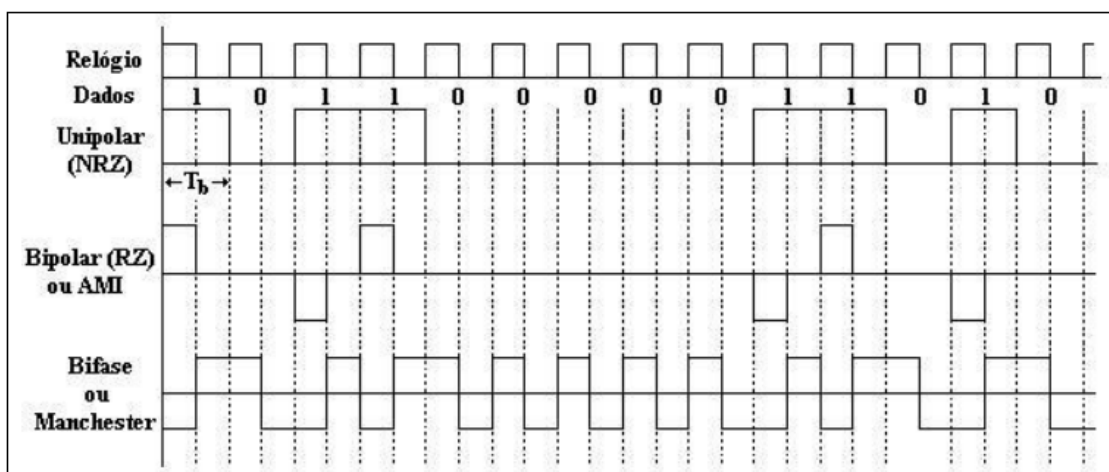


Figura 19 – Exemplos de modulação por pulso digital.
 Fonte: LIMA (2004).

4.5 PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO

Um protocolo de comunicação pode ser considerado como um conjunto de instruções bem definidas usado para transmitir informações entre dois equipamentos em um meio de comunicação qualquer. São usados para a comunicação entre dispositivos, desde a comunicação entre controladores em uma mesma placa de circuito eletrônico até a comunicação entre computadores no mundo todo (a *Internet*). São exemplos de protocolo de comunicação:

- a) TCP/IP;
- b) FTP;
- c) *Modbus*;
- d) HART;
- e) CEBus;
- f) X-10;
- g) CAN;
- h) *LonWorks*;
- i) I²C.

Serão vistos a seguir dois dos principais protocolos de comunicação usados em redes domésticas para a troca de informações entre dispositivos em um sistema de automação residencial. São eles os protocolos X-10 e CEBus.

4.5.1 X-10 PLC

O protocolo X-10 é um protocolo de comunicação que utiliza as redes PLC como meio físico para transmissão de dados. Existente há mais de 30 anos, é a tecnologia que se pode apontar como maior sucesso comercial. O maior consumidor desta tecnologia é o mercado americano, onde já se venderam dezenas de milhões de dispositivos X-10. Estes dispositivos possuem um baixo custo nos Estados Unidos, sendo facilmente comprados em vários locais e até mesmo em supermercados, porém, em outros países seu custo ainda é elevado (NUNES, 2002; VARGAS, 2004).

Esta tecnologia utiliza a modulação por amplitude (AM – *Amplitude Modulation*). Para diferenciar os símbolos (nível alto “1” e nível baixo “0”) a portadora utiliza a passagem por zero volt da onda senoidal da rede elétrica de corrente alternada, tanto no ciclo positivo quanto no ciclo negativo (VARGAS, 2004).

Para reduzir erros, são usados dois cruzamentos para transmitir nível alto “1” ou nível baixo “0”. O valor binário “1” é representado pela presença de um pulso de 120kHz no primeiro cruzamento pelo zero e uma ausência de pulso no segundo. Já o valor binário “0” é

representado pela ausência de pulso no primeiro cruzamento e a presença de um pulso de 120kHz no segundo. Pode ser visto na Figura 20 uma representação dos valores binários no protocolo X-10, e na Figura 21 um exemplo de comando X-10 (LAMBRETCH, 2006).

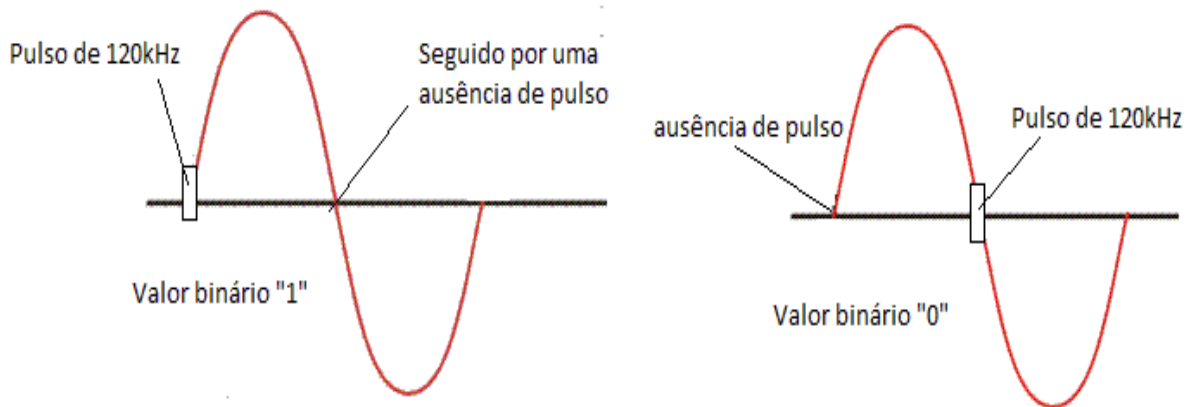


Figura 20 – Representação dos valores binários “1” e “0”.

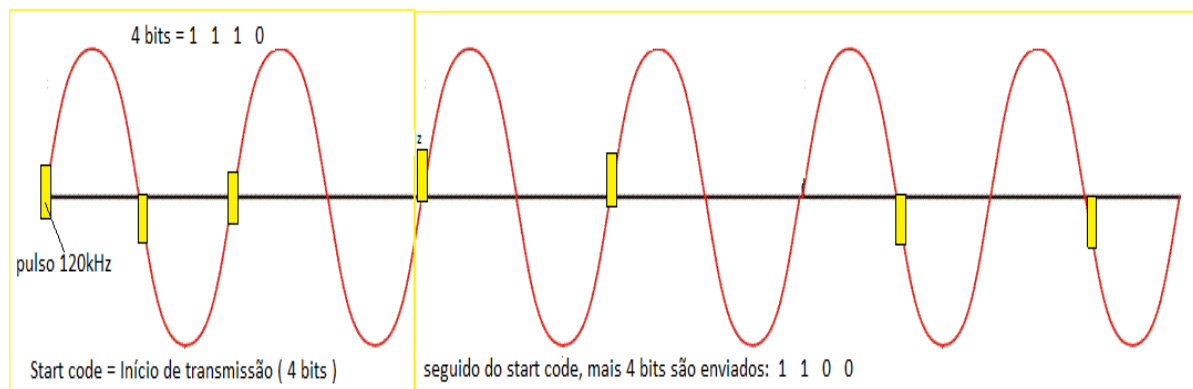


Figura 21 – Exemplo de um comando X-10.

4.5.2 CEBus

O CEBus (*Consumer Electronics Bus*) é um padrão aberto desenvolvido pela Associação das Indústrias de Eletrônica (EIA) desde 1984. A primeira especificação saiu em 1992 e apresenta as características da camada física para a comunicação por vários meios, como par trançado, cabo coaxial, infravermelho, RF e fibra ótica (VARGAS, 2004).

Desde 1995, o padrão CEBus está sendo submetido ao ANSI para que seja também um padrão ANSI e mundial, sob a denominação EIA-600. Sob esta denominação, o padrão cobre três áreas: o projeto físico e a topologia da mídia da rede, um protocolo para geração de mensagens e uma linguagem de comando comum (TRINDADE, 1998).

Além da camada física, o CEBus contempla as camadas de rede, enlace e aplicação do modelo OSI, como pode ser visto na Figura 22.

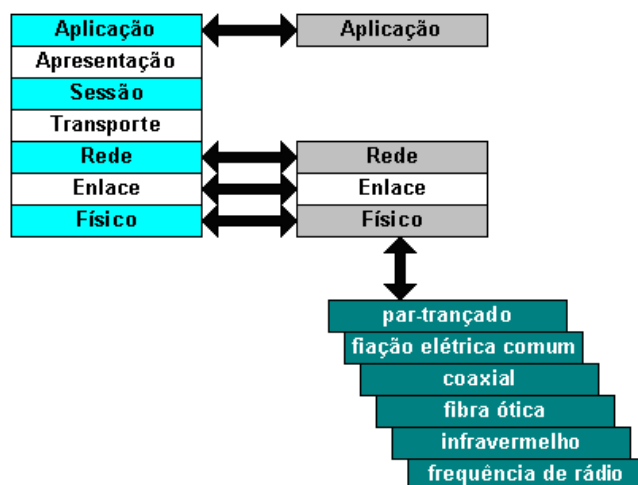


Figura 22 – Relação entre o modelo OSI e o EIA-600.

As informações em uma rede utilizando CEBus são transmitidas através de símbolos, onde estes símbolos são tempos específicos entre transições de estado no suporte de transmissão através de codificação por largura de pulso. São dois os estados possíveis, SUPERIOR e INFERIOR, e a forma física de cada um é específico a cada suporte de transmissão. Os símbolos possíveis são (TRINDADE, 1998):

- a) ONE (duração de um estado);
- b) ZERO (duração de dois estados);
- c) EOF (*end-of-field*) (duração de três estados);
- d) EOP (*end-of-packet*) (duração de quatro estados).

Trindade (1998) afirma que o valor de cada símbolo é determinado pela quantidade de tempo até a próxima transição de estado. Portanto, não há relação entre um símbolo em particular com um estado em particular (o símbolo ONE, por exemplo, pode ser formado tanto por um estado SUPERIOR quanto por um INFERIOR). Outra característica é que os símbolos vizinhos nunca são representados pelo mesmo estado. Desta forma, as informações transmitidas utilizando CEBus, utilizam uma série de transições de estado codificados por largura de pulso. A codificação destes símbolos é específica para cada meio de transmissão. Serão vistas a seguir algumas características da codificação utilizando redes PLC e redes utilizando par trançado.

Para as rede PLC, a codificação dos símbolos "1", "0", "EOF" e "EOP" se faz por NRZ (sem retorno a zero) e PWE (codificação por largura de pulso). O sinal resultante (portadora) é acoplado à tensão AC da casa. A portadora, que corresponde ao estado SUPERIOR, é uma forma de onda senoidal que varia linearmente de 203KHz a 400KHz em 19 ciclos, depois para 100KHz em 1 ciclo e volta para 203KHz em 5 ciclos, possuindo uma

duração total de $100\mu\text{s}$. A ausência da portadora resulta num estado INFERIOR. No campo *preamble*, usa-se os estados SUPERIOR e INFERIOR como descrito acima, sendo incluído um espaço vazio de $14\mu\text{s}$ em cada estado para facilitar a detecção do campo. Nos campos restantes, apenas o estado SUPERIOR é usado, com sua fase original (SUPERIOR θ_1) e defasado de 180° (SUPERIOR θ_2) para representar os dois estados. A Figura 23 ilustra este tipo de transmissão (TRINDADE, 1998).

Para redes PLC, este padrão ainda define:

- Dispositivos para 120V e 240V;
- Suporte a todas as topologias encontradas na instalação elétrica residencial;
- Conexão tipo tomada/plug comuns;
- Para dispositivos instalados em fases diferentes, existem acopladores para que a portadora possa alcançar todas as outras fases;
- A distância máxima dos pontos da rede é dependente do lugar de instalação.

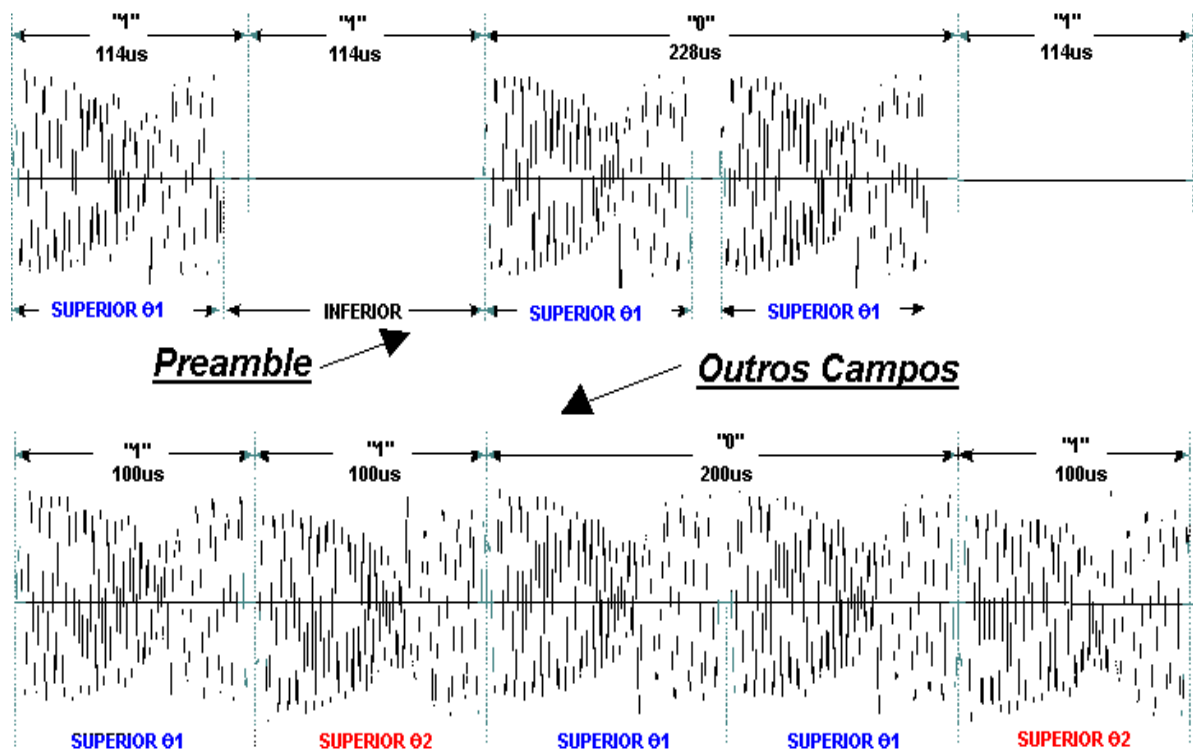


Figura 23 - Exemplo de transmissão no padrão CEBus para Fiação Elétrica Comum.
 Autor: TRINDADE (1998).

Para o par-trançado, como é o caso das redes RS-485, utiliza-se um sinal bipolar diferencial empregando três níveis de tensão para codificar os símbolos "1", "0", "EOF" e "EOP". Os três níveis de sinal são usados para representar os dois estados (SUPERIOR e

INFERIOR). O estado SUPERIOR é representado pela presença de tanto uma tensão diferencial positiva quanto negativa oscilando em torno da metade da tensão DC presente no par-trançado. A falta de oscilação de tensão representa um estado INFERIOR. A Figura 24 mostra este tipo de transmissão (TRINDADE, 1998).

Este padrão, quando utiliza par-trançado, ainda define:

- a) Topologia: barramento;
- b) Utilização de 4 pares de fios (apenas 1 par funciona, mas pode ficar incompatível com futuras especificações);
- c) 152m por segmento (máximo);
- d) 30 dispositivos por segmento (máximo);
- e) distância entre 2 dispositivos quaisquer: 305m (máximo).

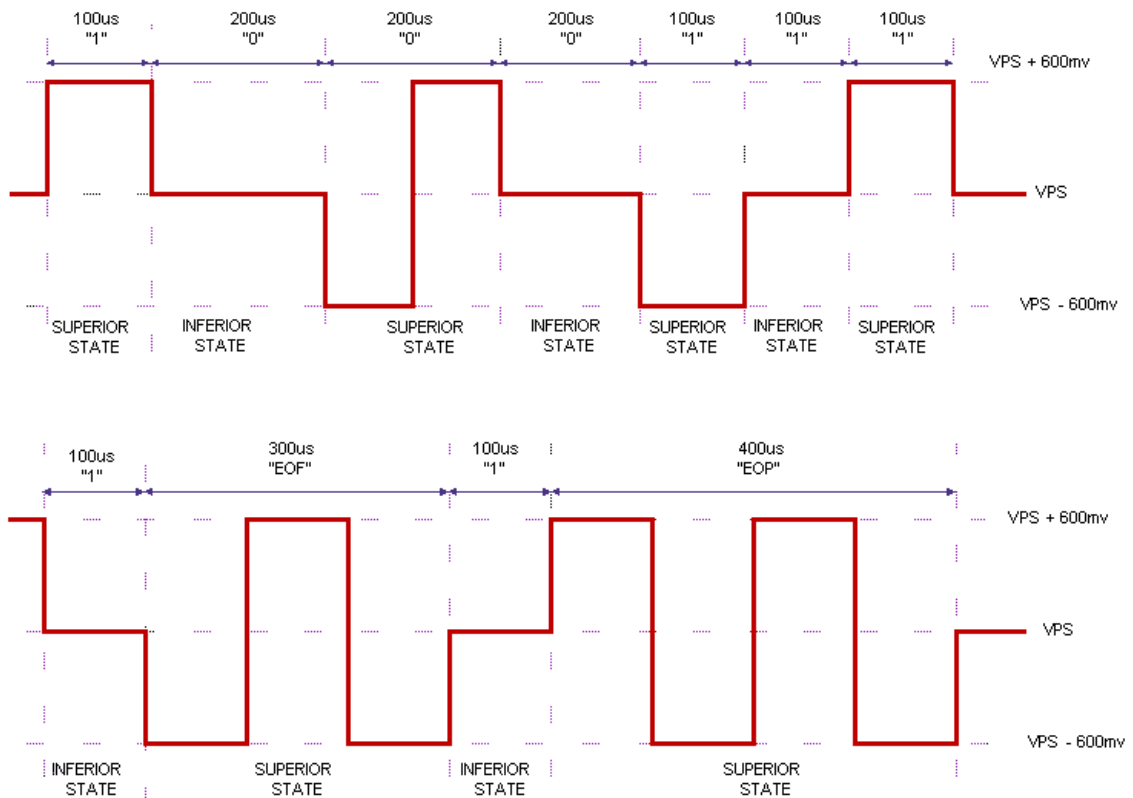


Figura 24 - Exemplo de transmissão no padrão CEBus para Par-Trançado.
Autor: TRINDADE (1998).

5. CONCLUSÃO

Este trabalho realizou uma ampla revisão teórica, buscando conhecer meios e tecnologias que possam ser aplicadas a um projeto de Domótica. No segundo capítulo foi feita uma revisão sobre automação residencial, com um breve histórico da automação residencial, definição de Domótica e apresentado os principais tipos de sistemas de automação residencial. Foram abordados no capítulo três, os microcontroladores, com uma breve introdução, seus conceitos básicos e os principais tipos e fabricantes de microcontroladores atuais.

No capítulo quatro foi feita uma revisão sobre redes de comunicação serial, interfaces seriais RS232 e RS485, bem como uma abordagem de alguns protocolos de comunicação utilizados nessas redes. Pode-se concluir então, que é possível projetar sistemas para automatizar pequenas residências de classe média, utilizando soluções e tecnologias com padrões abertos e de baixo custo, sendo possível o seu controle via rede local e *Internet*.

REFERÊNCIAS

ATMEL, Semicondutores. Disponível em:

<<http://http://www2.atmel.com/about/corporate/default.aspx>> Acesso em 20 de abril de 2011.

BOLZANI, Caio Augustus Moraes. **Artigo Desmistificando a Domótica**. Disponível em:

<<http://www.aureside.org.br/artigos/default.asp?file=01.asp&id=74>>. Acesso em 20 de março de 2011.

CANZIAN, Edmur. **MINICURSO Comunicação Serial RS232**. São Paulo. 2011.

Disponível em: <http://http://www.professores.aedb.br/arlei/AEDB/Arquivos/rs232.pdf>.

Acesso em 20 de abril de 2011.

CERNE TECNOLOGIA, Projetos Eletrônicos. Disponível em: <http://www.cerne-tec.com.br>.

Acesso em 5 de maio de 2011.

GIMENEZ, Salvador Pinillos. **Microcontroladores 8051: Teoria de Hardware e Software, Aplicações em controle digital e Laboratório/Simulação**. Pearson Education do Brasil LTDA. São Paulo, 2002.

HERMES, Pedro da Paschoa Filho. **Objetivos da Automação Residencial**. Disponível em:

<<http://www.lpaarquitectura.com.br/dicas/objetivos-da-automacao-residencial>>. Acesso em 20 de março de 2011.

KOPELVSKI, Mykon Max. **Teoria de CLP**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo. 2010. Disponível em:
<http://www.cefetsp.br/edu/maycon/arqs/ap_clp_rev00.pdf> Acesso em 28 de abril de 2011.

LAMBRECHT, Ariel. **Rede de Dados e Integração da Manufatura por Computador**. 2006. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAABUgAA/x10>>. Acesso em 10 de maio de 2011.

LEAL, Renata. **INFO EXAME – Viva na casa do futuro hoje**. Disponível em:
<<http://info.abril.com.br/noticias/tecnologia-pessoal/viva-na-casa-do-futuro-hoje-17012011-2.shl>>. Acesso em 22 de março de 2011.

LEÃO, Prof. Vitor. **RS485 – Especificação e Utilização**. Universidade Federal da Bahia. 2007. Disponível em: <www.e-science.unicamp.br/angra/.../publicacao_616_RS485.pdf>. Acesso em 30 de maio de 2011.

NETO, Aristides Domingues Leite; MENON, Renato de Oliveira. **Monitoramento e Controle Residencial via Software**. 2004. Monografia (Graduação em Engenharia da Computação). Faculdade de Engenharia de Sorocaba – FACENS. Disponível em: <http://www.cseg.eng.br/repositorio/tcc/TCC_MCRVS.pdf> Acesso em 28 de abril de 2011.

NUNES, Renato Jorge Caleira. **Análise comparativa de tecnologias para domótica**. 2002. Disponível em: <<http://www.scribd.com/doc/26476683/02-JEACI02>> Acesso em 10 de março de 2011.

PINTO, Paulo Henrique. **Funcionamento de um Controlador Lógico Programável (CLP)**. 2008. Disponível em: <http://www.pharmaster.com.br/artigos/docs/20080703_7439_Funcionamento%20de%20um%20CLP.pdf> Acesso em 22 de março de 2011.

PINHEIRO, José Maurício Santos. **Falando de Automação Predial**. 2004. Disponível em: <http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo_falando_de_automacao_predial.php> Acesso em 22 de março de 2011.

RIBEIRO, Marcos Antônio. **Automação Industrial**. 4. Ed. SALVADOR, Tek Treinamento & Consultoria LTDA, 1999.

SILVA, Eduardo de Moraes V; SOBRINHO, Fillipe Y Saad; AQUINO, José Adriany V de. **Protocolo RS485**. 2006. Monografia (Ciência da Computação). Departamento de Ciência da Computação. Universidade de Brasília. Disponível em: <http://www.cic.unb.br/~bordim/TD/Arquivos/G10_Monografia.pdf>. Acesso em 28 de março de 2011.

SOUZA, Cláudio de Medeiros Chaves. **SISTEMA EMBARCADO: Uma aplicação voltada para o monitoramento das faltas à terra de uma subestação Eletrobrás Chesf**. 2010. Monografia (Graduação em Análise de Sistema.). Centro de Estudos Superiores de Maceió. Disponível em: <<http://www.cesmac.com.br>> Acesso em 23 de março de 2011.

SOUZA, Vitor Amadeu. **Artigo Comunicação RS232 e RS485**. 2011. Disponível em: <<http://www.cerne-tec.com.br>> Acesso em 27 de maio de 2011.

UOL Economia. **Brasil é “quase” um país de classe média. 2010**. Disponível em: <<http://economia.uol.com.br/ultimas-noticias/redacao/2010/05/12/brasil-e-quase-um-pais-de-classe-media-diz-mantega.jhtm>> Acesso em 10 de junho de 2011.

VARGAS, Alessandra Antunes. **Estudo sobre Comunicação de Dados via Rede Elétrica para Aplicações de Automação Residencial/Predial**. 2004. Monografia (Engenharia da Computação). Instituto de Informática. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://www.ece.ufrgs.br/~fetter/plt/TrabalhoConclusaoAlessandra.pdf>>. Acesso em 22 de abril de 2011.