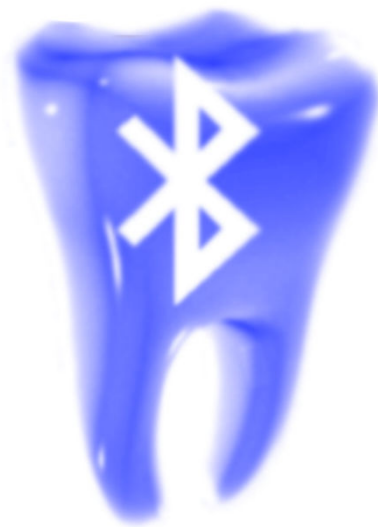


Aula 3 – Bluetooth




O que é Bluetooth?

O **Bluetooth** é uma tecnologia de comunicação **sem fio** que permite que computadores, smartphones, tablets e afins **troquem dados** entre si e se conectem a mouses, teclados, fones de ouvido, impressoras e outros acessórios a partir de ondas de rádio. A ideia consiste em possibilitar que dispositivos se **interliguem de maneira rápida**, descomplicada e sem uso de cabos, bastando que **um esteja próximo do outro**.

O nome **Bluetooth** é uma homenagem ao rei da Dinamarca e Noruega Harald Blåtand – em inglês Harold Bluetooth (traduzido como dente azul, embora em dinamarquês significa *de **tez escura***). Blåtand é conhecido por unificar as tribos norueguesas, suecas e dinamarquesas. Da mesma forma, o protocolo procura unir diferentes tecnologias, como telefones móveis e computadores.

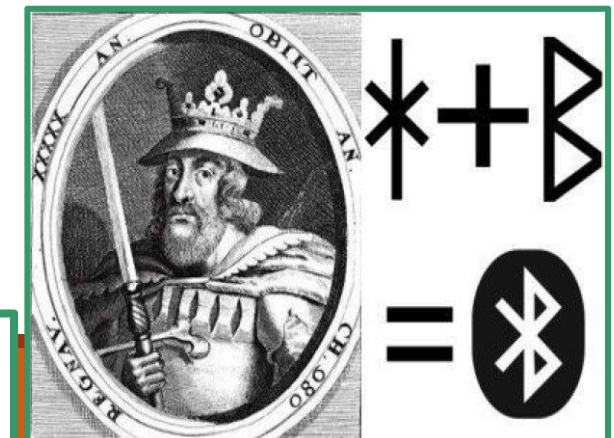
O logotipo do **Bluetooth** é a união das **runas** nórdicas

* (Hagall) e  (Berkanan) correspondentes às letras

H e B no alfabeto latino.

Vídeo: <http://olhardigital.uol.com.br/embed/45294/45294>

Opção: <https://www.youtube.com/watch?v=xA7VsamOzYw>



História do Bluetooth

1998: O Bluetooth Special Interest Group (SIG) é formado com cinco empresas (**Ericsson (1994)**, IBM, Intel, Nokia e Toshiba)

O nome Bluetooth é adotado oficialmente

1999: A especificação Bluetooth 1.0 é liberado

2000: Primeiro celular com tecnologia Bluetooth chega ao mercado

2001: Primeira impressora, laptop e kit hands-free para carro

2002: IEEE aprova a especificação 802.15.1 para se conformar com a tecnologia sem fio Bluetooth

2005: Embarques em produtos chega a 5 milhões de chipsets por semana

2009: Lançado o Bluetooth de baixa energia, versão 4.0

2011: São lançadas as extensões da marca: Bluetooth Smart e Bluetooth Smart Ready (sensor e hub)

2013: SIG lança o Bluetooth 4.1, prepara o terreno para a Internet das coisas

Embarques em produtos ultrapassa os 2,5 bilhões de chipsets por ano

2014: SIG apresenta o Bluetooth 4.2 , adiciona recursos para a conectividade IP, privacidade e velocidade

2015: Membership no Bluetooth SIG atinge 26.000 membros

<http://www.bluetooth.com/>

Detalhes técnicos (Classes)

Bluetooth é um protocolo com especificação industrial para áreas de redes pessoais sem fio do tipo PAN ou WPAN (*Wireless personal area networks*).

As especificações do **Bluetooth** foram/são desenvolvidas e licenciadas pelo "**Bluetooth Special Interest Group**".

Bluetooth foi projetado para baixo consumo de energia com baixo alcance, baseado em microchips transmissores de baixo custo em cada dispositivo.

Classe	Potência máxima	Alcance aproximado
Classe 1	100 mW (20 dBm)	até 100 metros
Classe 2	2,5 mW (4 dBm)	até 10 metros
Classe 3	1 mW (0 dBm)	~ 1 metro
Classe 4	0,5 mW	~ 0,5 metro

Detalhes técnicos (Versões)

Bluetooth 1.0: problemas que dificultavam a implementação e a interoperabilidade entre dispositivos com Bluetooth. Velocidade padrão de **1Mb/s** (721 Kb/s efetivos);

Bluetooth 1.1: fev./2001, padrão IEEE 802.15. Corrigiu problemas da versão 1.0 e implementa o suporte ao sistema RSSI;

Bluetooth 1.2: nov./2003, conexões mais rápidas, melhor proteção contra interferências, suporte aperfeiçoado a **scatternets** e processamento de voz mais avançado;

Bluetooth 2.0: nov./2004, diminuição do consumo de energia, aumento na velocidade de transmissão de dados para **3 Mb/s** (2.1 Mb/s efetivos), correção às falhas existentes na versão 1.2 e melhor comunicação entre os dispositivos;

Bluetooth 2.1: ago./2007, o acréscimo de mais informações nos sinais Inquiry (permitindo uma seleção melhorada dos dispositivos antes de estabelecer uma conexão), ...;

Bluetooth 3.0: abr./2009, taxas altas de velocidade de transferência de dados (**24 Mb/s**) graças a transmissões 802.11;

Bluetooth 4.0: dez./2009, economia de energia!!!

Bluetooth 4.1: dez./2013, prevê as bases para conexões baseadas em IP (IoT).

Detalhes técnicos (Versões)

Versão	Taxa de transmissão	Observações
Versão 1.2	1 Mb/s	
Versão 2.0 + EDR	3 Mb/s	
Versão 3.0	24 Mb/s	Mudança da faixa de transmissão para 802.11
Versão 4.0	Idem 3.0	Vel. Padrão 1Mb/s

Existe **interoperabilidade** entre as versões. Apenas a velocidade de transmissão é limitada a da versão mais baixa.

Dispositivos Bluetooth operam na faixa **ISM** (*Industrial, Scientific, Medical*) centrada em **2,45 GHz** (EUA de 2400 a 2483,5 MHz).

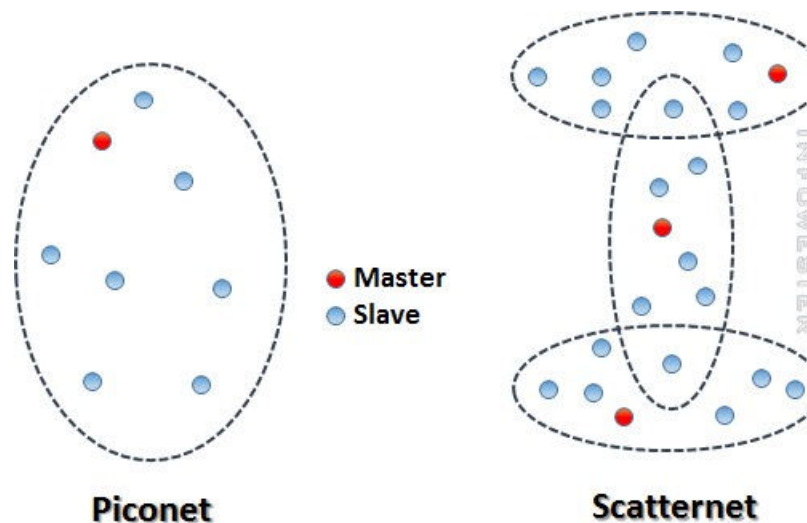
A banda é dividida em **79 portadoras** espaçadas de 1 MHz, para minimizar as interferências, o dispositivo mestre, após sincronizado, pode mudar as frequências de transmissão de seus escravos por até 1600 vezes por segundo.

Detalhes técnicos (Tipos de rede)

Um dispositivo mestre Bluetooth pode se comunicar com até mais 7 dispositivos. Esse grupo de rede com até **8 dispositivos** é chamado **Piconet**.

O Mestre não é fixo e a comunicação pode ocorrer a qualquer momento.

Existem especificações de Bluetooth permitem conexão de **duas ou mais Piconets** juntas para formar uma **Scatternet**, com alguns dispositivos agindo como **ponte** para simultaneamente trabalhar como o mestre e o escravo em uma Piconet.



Detalhes técnicos (Pilha de protocolos)

Bluetooth é definido como uma arquitetura de camadas de protocolo, constituído de:

Protocolos núcleo:

- *Bluetooth Radio: detalhes da interface (frequência, modulação, taxa de transmissão,...)*
- *Baseband: conexão Piconet, formato dos pacotes, temporização e energia*
- *Link Manager Protocol (LMP): configuração de links e segurança*
- *Logical Link Control and Adaptation Protocol (L2CAP): adapta os protocolos da camada superior à camada de banda base*
- *Service Discovery Protocol (SDP): manipula informações do dispositivo, serviços e consultas*

Protocolos de substituição de cabo:

Radio frequency communications (RFCOMM) é o protocolo de substituição de cabo usado para criar uma **porta serial virtual** para fazer com que a substituição de tecnologias de cabo seja transparente através de mínimas modificações a dispositivos existentes. RFCOMM provê transmissão de dados binários e emula os sinais de controle do EIA-232 (também conhecido como **RS-232**) sobre uma camada de banda-base Bluetooth.

Detalhes técnicos (Pilha de protocolos)

Bluetooth é definido como uma arquitetura de camadas de protocolo, constituído de (continuação):

Protocolos de controle de telefonia:

Sinalização para estabelecimento de chamadas de voz e dados

Protocolos adotados:

Point-to-Point Protocol (PPP), TCP/IP/UDP, Object Exchange Protocol (OBEX), Wireless Application Environment / Wireless Application Protocol (WAE/WAP)

Configuração de conexão

Qualquer dispositivo **Bluetooth** irá transmitir os seguintes pacotes de informações por demanda:

- **Nome do dispositivo:** programável (ASCII sem espaços)
- **Classe do dispositivo**
- **Lista de serviços disponíveis**
- **Informações técnicas:** características, fabricante, especificação Bluetooth e configuração de clock.

Qualquer dispositivo pode realizar uma varredura para encontrar outros dispositivos disponíveis para conexão (visibilidade configurável).

Se o dispositivo que estiver tentando conectar souber o endereço do outro dispositivo, o mesmo vai sempre responder a requisições de **conexões diretas** e transmitir as informações da lista se requisitado.

Para que haja a conexão entre dispositivos, antes é necessário o **pareamento** ("emparelhamento") ou aceitação do proprietário, a conexão fica ativa e aguardando autorização até que seja finalizada ou até que saia do alcance.

Cada dispositivo é dotado de um **número único** "Endereço de Bluetooth" (**Bluetooth Address**) de **48 bits** que serve de identificação, no formato 00:00:00:00:00:00.

Pareamento

Parear dispositivos é o ato de estabelecer uma comunicação segura através de uma senha secreta (*passkey*).

O dispositivo que deseja se comunicar com um outro dispositivo deve **informar sua senha**. Assim, depois de emparelhar, os dispositivos lembram os nomes dos outros e conectam-se de forma transparente todas as vezes, assim como reconhecemos nossos amigos.

Como o endereço **Bluetooth** é permanente, o **pareamento é preservado**, mesmo se o nome de algum dos dispositivos for trocada.

Pareamentos podem ser apagados (e assim ter as autorizações de conexão removidas) a qualquer momento.

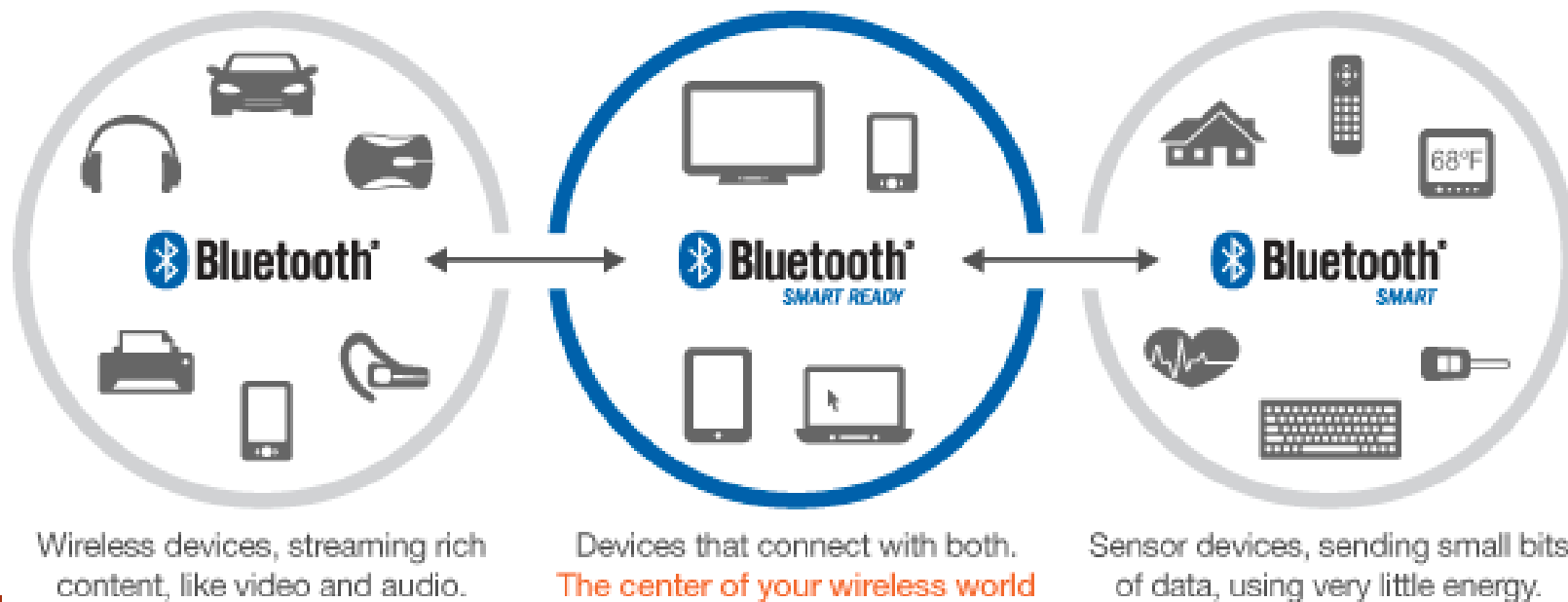


O que é Bluetooth SMART?

Dispositivos Bluetooth Smart (inteligentes) são projetados para reunir uma parte específica das informações. Exemplos:

- Todas as janelas da minha casa estão trancadas?
- Qual o meu nível de glicose no sangue?
- Qual o meu peso hoje?

E enviá-la para um dispositivo compatível com **Bluetooth Smart** (PC, smartphone e tablet).



Prós e contras desta tecnologia

Vantagens

Praticidade de conectar diversos equipamentos de comunicação e compartilhar arquivos;

Grande quantidade de equipamentos com chips Bluetooth;

Baixo custo para redes de curto alcance;

Possibilidade de ser facilmente integrada aos protocolos de comunicação, como o TCP/IP.



Desvantagens

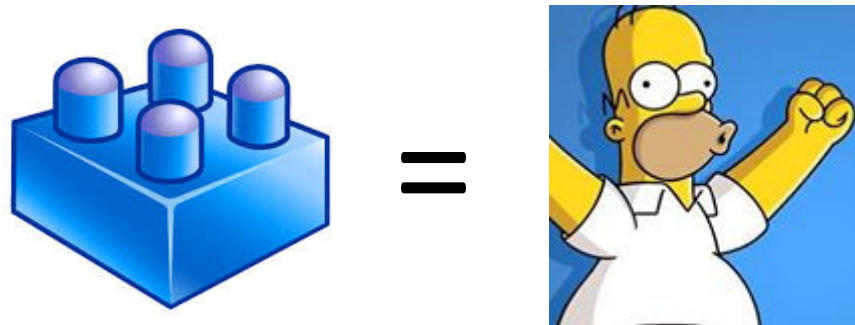
O número máximo de dispositivos que podem se conectar ao mesmo tempo é limitado: aproximadamente oito equipamentos;

O alcance é relativamente curto. Por isso, os aparelhos devem estar no mesmo ambiente e dentro de um raio de 10 metros.

Como embarcar Bluetooth?

Quando pensamos em um projeto usando tecnologia **Bluetooth** (hardware e software) talvez o caminho mais curto é a utilização de **módulos** desenvolvidos e comercializados para integração genérica à qualquer circuito microprocessado.

Isso oferece redução de custos e tempo no projeto, além de tornar as pilhas de protocolos necessárias para estabelecimento de comunicação entre dois dispositivos quase transparentes.



Geralmente esses módulos se comunicam com seu hardware através de uma porta **UART** e utilizam comandos **AT** para configuração.

Algumas opções de módulos comerciais



Classe 1, versão Bluetooth 2.1 + EDR

~US\$ 22,00

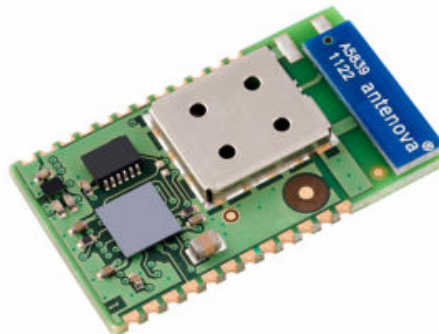


Classe 2, versão Bluetooth 2.1 + EDR

~US\$ 16,00



Classe 2, versão Bluetooth 4.1 + EDR
(aplicações de áudio e voz wireless)

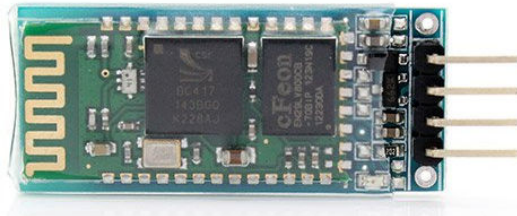


SPBT2632C1A

Classe 1, versão Bluetooth 3.0
(possui um ST Micro Cortex-M3)

~US\$ 15,00

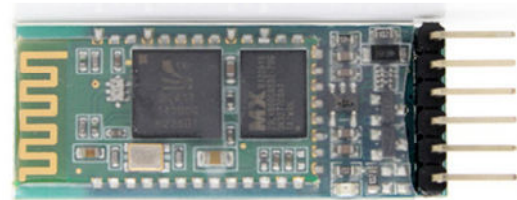
Algumas opções de módulos comerciais



HC-06

Classe 2, versão Bluetooth 2.0
(apenas escravo, uso civil)

< R\$ 40,00



HC-05

Classe 2, versão Bluetooth 2.0
(mestre ou escravo, uso civil)

< R\$ 45,00

Esses módulos são bastante **populares no Brasil** em função de seu custo reduzido e ampla aplicação nos kits de Arduino!!!



Atenção: Qualquer produto desenvolvido no Brasil que utilize rádio frequência necessita de homologação da Anatel.

Comandos AT para HC-05 e HC-06



HC-05

Comandos devem ser seguidos por CR e LF



HC-06

HC-05

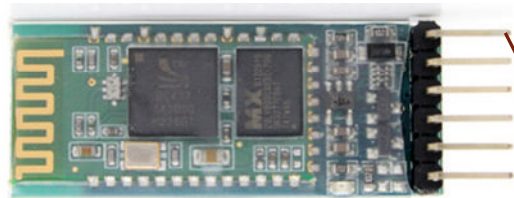
AT+NAME=xyz\r\n

HC-06

AT+NAMExyz

Comando	Função	HC-05	HC-06
AT	Teste	✓	✓
AT+RESET	Reset	✓	
AT+VERSION	Mostra a versão de software	✓	✓
AT+ORGL	Restaura configurações padrão	✓	
AT+ADDR?	Mostra o endereço do módulo BT	✓	
AT+NAME	Mostra/altera o nome do módulo BT	✓	✓
AT+RNAME?	Mostra o nome do módulo BT remoto	✓	
AT+ROLE	Seleciona modo master/slave/loopback	✓	
AT+PSWD	Altera a senha do módulo	✓	✓
AT+UART	Altera a velocidade (baud rate)	✓	✓
AT+RMAAD	Remove a lista dos dispositivos pareados	✓	
AT+INQ	Inicia a varredura por dispositivos BT	✓	
AT+PAIR	Efetua o pareamento com BT remoto	✓	
AT+LINK	Efetua a conexão com o BT remoto	✓	

Comandos AT para HC-05 e HC-06



HC-05



HC-06

Para entrar no modo AT:

Baud rate de 9600 bps

Ligue o módulo e em seguida pressione sua pequena chavinha (canto inferior direito) por alguns segundos.

Baud rate de 38400 bps

Pressione sua pequena chavinha e ligue o módulo, o led piscará lentamente, solte a chave.

Para sair do modo AT:

Baud rate de 9600 bps

Basta realizar uma conexão. Encerrada a conexão, volta para modo AT.

Baud rate de 38400 bps

Desligue o módulo e religue.

Ambos

Enviar comando de reset (AT+RESET)

Para entrar no modo AT:

Baud rate de 9600 bps

O módulo está em modo de comandos AT enquanto nenhuma conexão estiver ativa.

Para sair do modo AT:

Baud rate de 9600 bps

Basta realizar uma conexão.

O pino EN do módulo HC-05 serve para ligar ou desligar o módulo (1/open liga e 0 desliga).

Pode ser usado para sair do modo AT (pulso negativo longo).

Bluetooth Address

Endereço do dispositivo Bluetooth ou BD_ADDR (**HC-05 comando AT+ADDR?**) é um identificador exclusivo de **48 bits** atribuído a cada dispositivo Bluetooth por seu fabricante. 6 bytes escritos em hexadecimal e separados por dois pontos.

Exemplo: 00: 11: 22: 33: FF: EE

HC-05: **+ADDR:98d3:31:70516d**

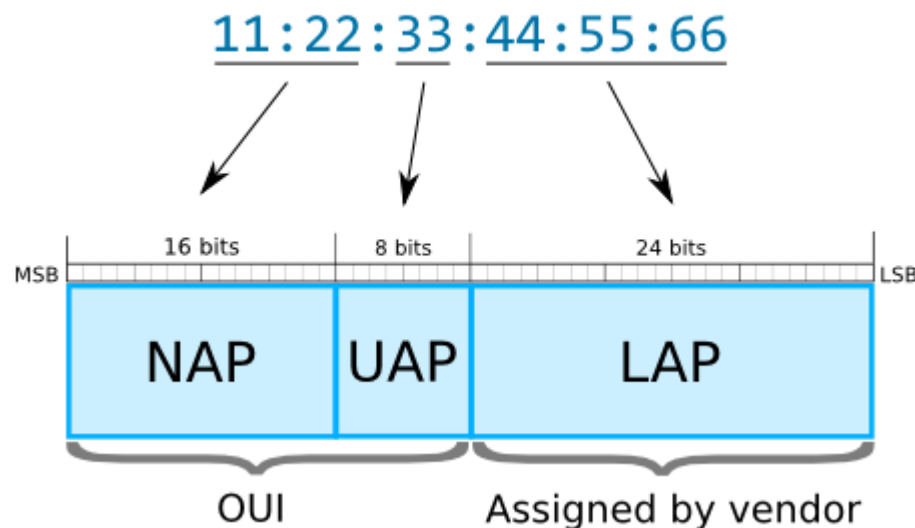
A metade superior de um endereço Bluetooth (24 bits mais significativos) é chamada de Identificador Único Organizacional (**OUI**). Ele pode ser usado para determinar o fabricante de um dispositivo ([formulário Bluetooth MAC Address Lookup](#)). Os prefixos OUI são atribuídos pelo Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrônicos (IEEE).

Além disso, para identificação, o Endereço do dispositivo Bluetooth é usado para determinar o padrão de salto de frequência na comunicação de rádio entre dispositivos Bluetooth.

Bluetooth Address

Endereço Bluetooth consiste em três partes: NAP, UAP e LAP.

Bluetooth Address (BD_ADDR)



NAP (2 bytes): primeiros 16 bits do OUI. Valor usado nos quadros de sincronização de salto de frequência.

UAP (1 byte): 8 bits restantes do OUI. Valor usado para propagação em vários algoritmos de especificação Bluetooth.

LAP (3 bytes): alocada pelo fornecedor do dispositivo. Identifica exclusivamente um dispositivo Bluetooth como parte do Código de Acesso em todos os quadros transmitidos.

O LAP e o UAP formam a parte significativa do endereço (SAP) do endereço Bluetooth.

Ferramenta de apoio para configuração do HC-05 e HC-06



Aplicativo Config HC

<https://youtu.be/rHhRt6mNMqQ>

Conversor USB-Serial TTL



Config HC (configurador para módulos bluetooth HC-05 e HC-06 via serial)

Documentação Ajuda

UART
PORTA: [dropdown] BAUD RATE: 9600 [dropdown] Conectar

Comunicação Manual

ENVIAR ASCII: [input] Enviar
ENVIAR HEXA: [input] Enviar

☒ HC-05 ☐ HC-06

Estado da porta serial

☐ Som ☐ HEXA com espaço Limpar

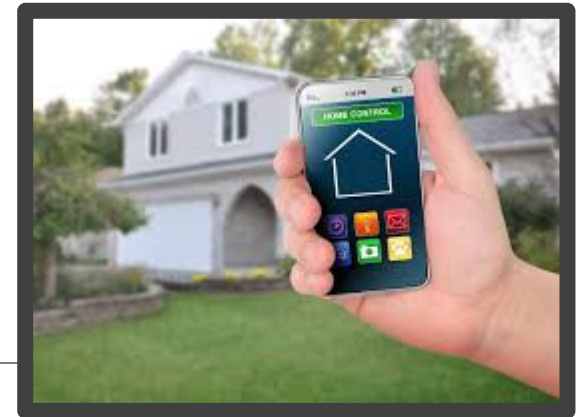
ENVIADO ASCII: [text area]
ENVIADO HEXA: [text area]

RECEBIDO ASCII: [text area]
RECEBIDO HEXA: [text area]

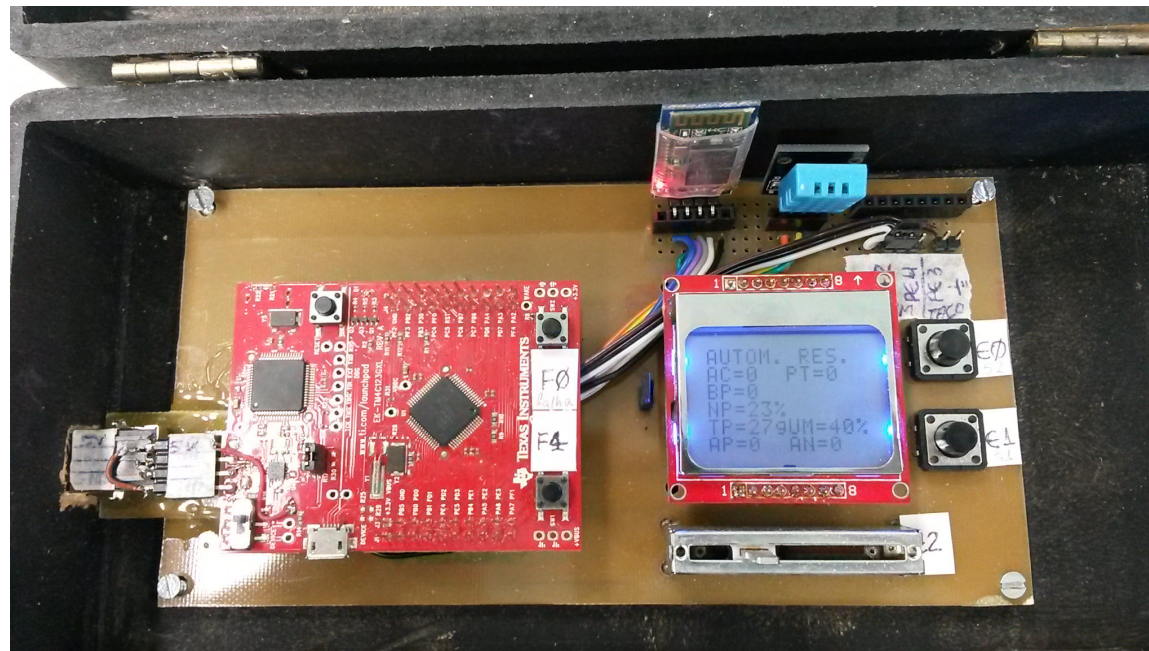
Comandos AT

AT [button] Teste	AT+RESET [button] Reset	AT+ADDR? [button] Endereço do módulo NAP:UAP:LAP (hexa)
AT+VERSION [button] Versão de software	AT+ORGL [button] Restaura configuração padrão	AT+BIND? [button] Endereço do dispositivo a se conectar
AT+NAME? [button] Nome (pressione a chave)	AT+PSWD? [button] Senha	AT+BIND= [button]
AT+NAME= [input]	AT+PSWD= [input]	AT+RNAME? [button] Nome do módulo remoto
AT+PIN [input] Senha	AT+UART? [button] Baud rate	AT+ROLE? [button] Modo master/slave/loopback
AT+BAUD [button] 4 (9600 bps [Default])	AT+UART= [input]	AT+ROLE= [input] 0 (Slave)
AT+??? [button]	AT+UART=baud rate,stop bits,bit de paridade stop bits -> 1 ou 2 bit de paridade -> 0 (none), 1 (odd) ou 2 (even)	
AT+BIND=NAP,UAP,LAP (48 bits em hexa) LAP -> lower part (24 bits) UAP -> upper part (8 bits) NAP -> non-significant part (16 bits)		

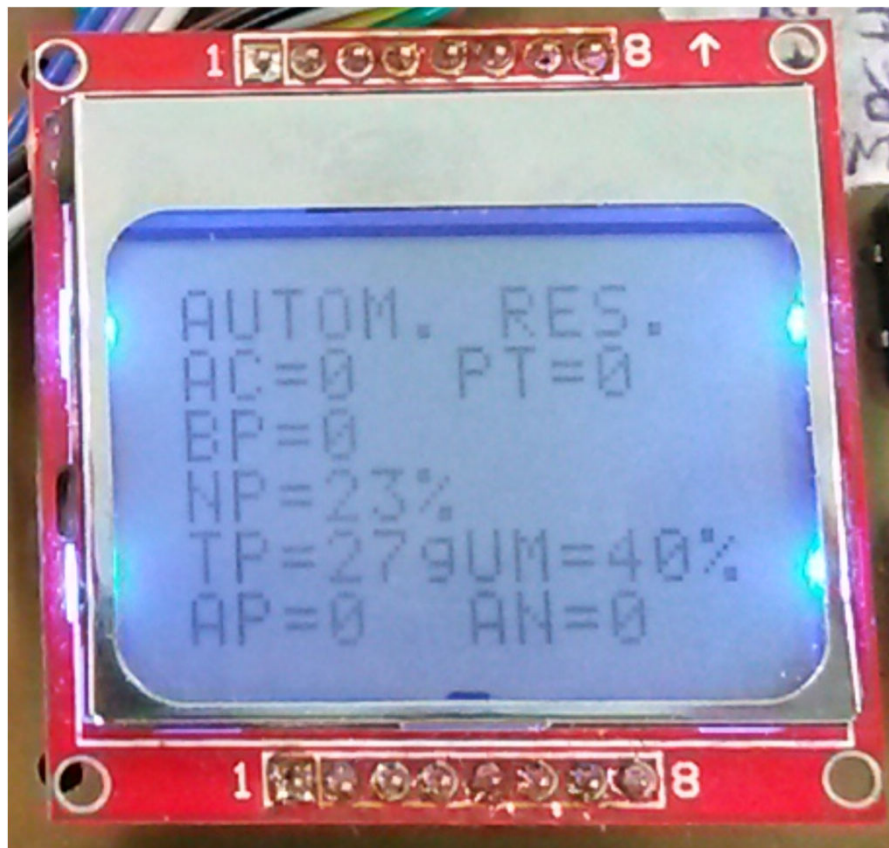
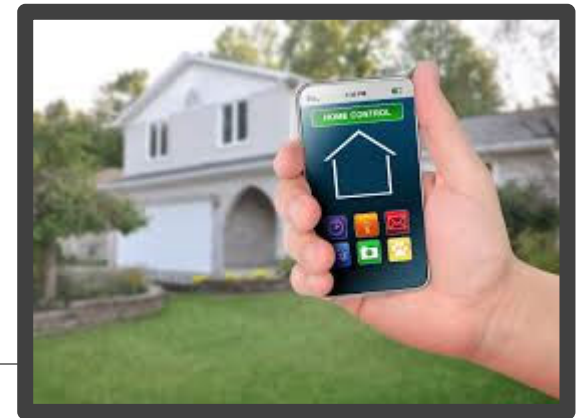
Exemplo de Domótica



Junção da palavra latina “Domus” (casa) com “Robótica” (controle automatizado de algo).

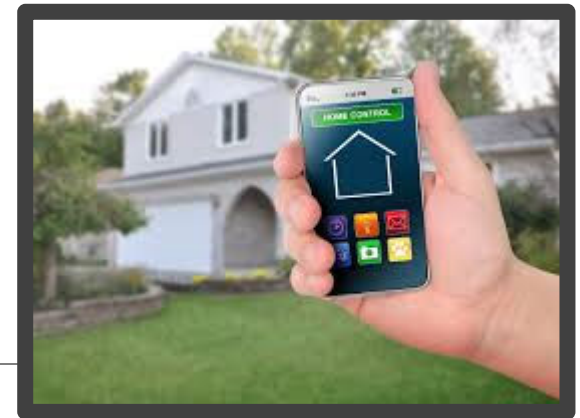


Exemplo de Domótica



AC = Ar Condicionado
PT = Portão (F4)
BP = Bomba Piscina
NP = Nível da Piscina (E2)
TP = Temperatura
UM = Umidade
AP = Alarme de Pânico
NA = Alarme Nível da Piscina

Exemplo de Domótica



Comandos via Bluetooth:

Ar condicionado: “A” liga, “a” desliga, “C” atualiza estado

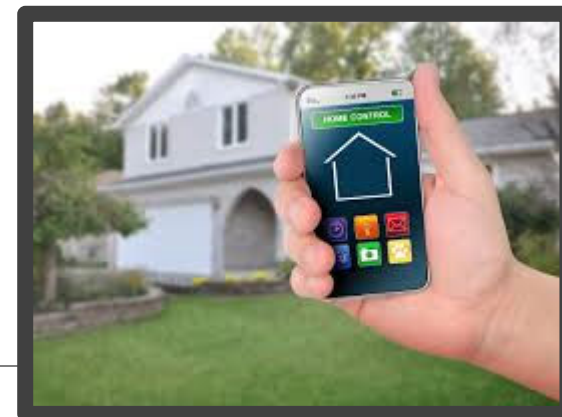
Bomba da piscina: “B” liga, “b” desliga, “E” atualiza estado

Portal automático: “P” pulso de abertura, “D” atualiza estado

Temperatura e Umidade: “S” atualiza estado

Nível da piscina: “N” atualiza o estado

Exemplo de Domótica



Respostas recebidas via Bluetooth:

Ar condicionado: “*ARxxxGxxxBxxx” cor do sinalizador (xxx = 0..255)

Bomba da piscina: “*BRxxxGxxxBxxx” cor do sinalizador (xxx = 0..255)

Portal automático: “*PRxxxGxxxBxxx” cor do sinalizador (xxx = 0..255)

Temperatura: “*Txxx” (xxx = 0..100)

Umidade: “*Uxxx” (xxx = 0..100)

Nível da piscina: “*Nxxx” (xxx = 0..100)

Alarme: “*S”



ATIVIDADE!!!



Criação de código de by-pass Serial para serial por software (modulo bluetooth)

Utilizaremos a uma serial virtual para comunicação com o módulo Bluetooth HC-05.

Usaremos o aplicativo Config HC (fornecido pelo professor para facilitar a configuração do módulo e testes.

Quem possuir celular com sistema operacional Android pode instalar um terminal bluetooth para transferência de dados com o módulo.

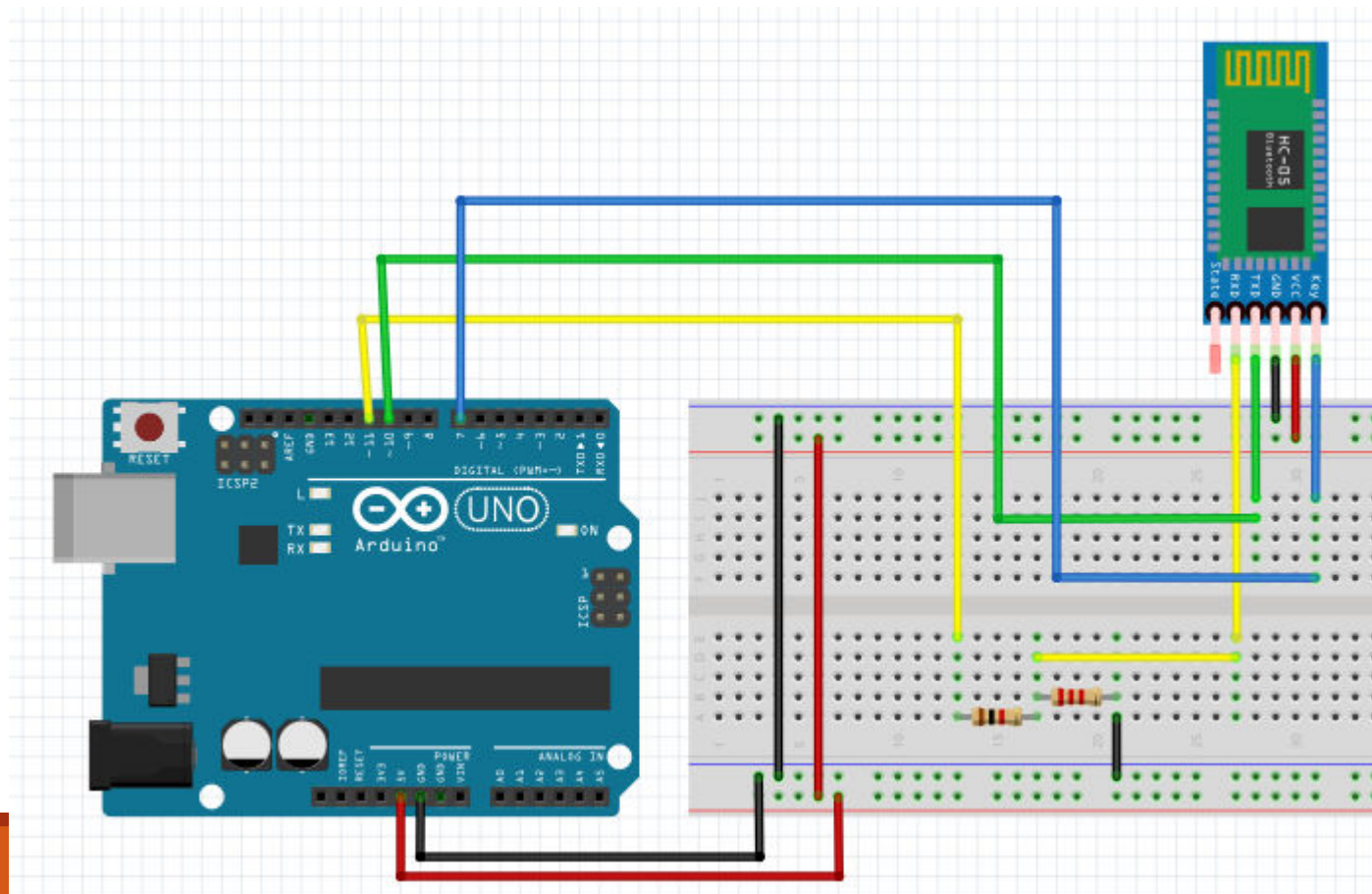
Mais detalhes serão passados pelo professor.

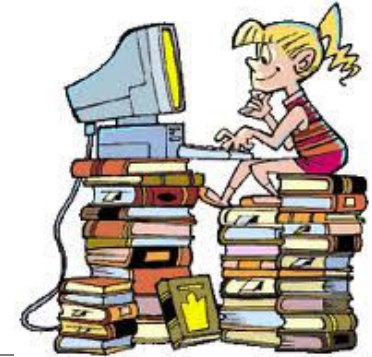


ATIVIDADE!!!

Criação de código de by-pass Serial para serial por software (modulo bluetooth)

Montar a seguinte circuito:



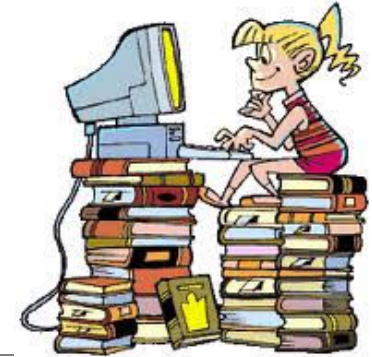


ATIVIDADE!!!

Criação de código de by-pass Serial para serial por software (modulo bluetooth)

Criar a seguinte código na IDE Arduino:

```
1  #include <SoftwareSerial.h>
2
3  // Serial por software: RX = digital pin 10, TX = digital pin 11
4  SoftwareSerial bluetooth(10, 11);
5
6  const int key = 7; // Chave de HC-05 (0 - Comando, 1 - AT)
7
8  void setup()
9  {
10     // Open serial communications and wait for port to open:
11     Serial.begin(9600);
12     while (!Serial); // Aguarda conexão com a USB
13     // Cria uma porta serial virtual
14     bluetooth.begin(9600);
15     pinMode(key, OUTPUT);
16     digitalWrite(ledPin, LOW);
17 }
```



ATIVIDADE!!!

Criação de código de by-pass Serial para serial por software (modulo bluetooth)

Criar a seguinte código na IDE Arduino:

```
19 void loop()
20 {
21     // Se tem algum dado para ser lido do bluetooth
22     if (bluetooth.available() > 0)
23     {
24         char inByte = bluetooth.read();
25         Serial.write(inByte);
26     }
27     // Se tem algum dado para ser lido da serial do PC
28     if (Serial.available() > 0)
29     {
30         char inByte = Serial.read();
31         bluetooth.write(inByte);
32     }
33 }
```