



www.huinfinito.com.br

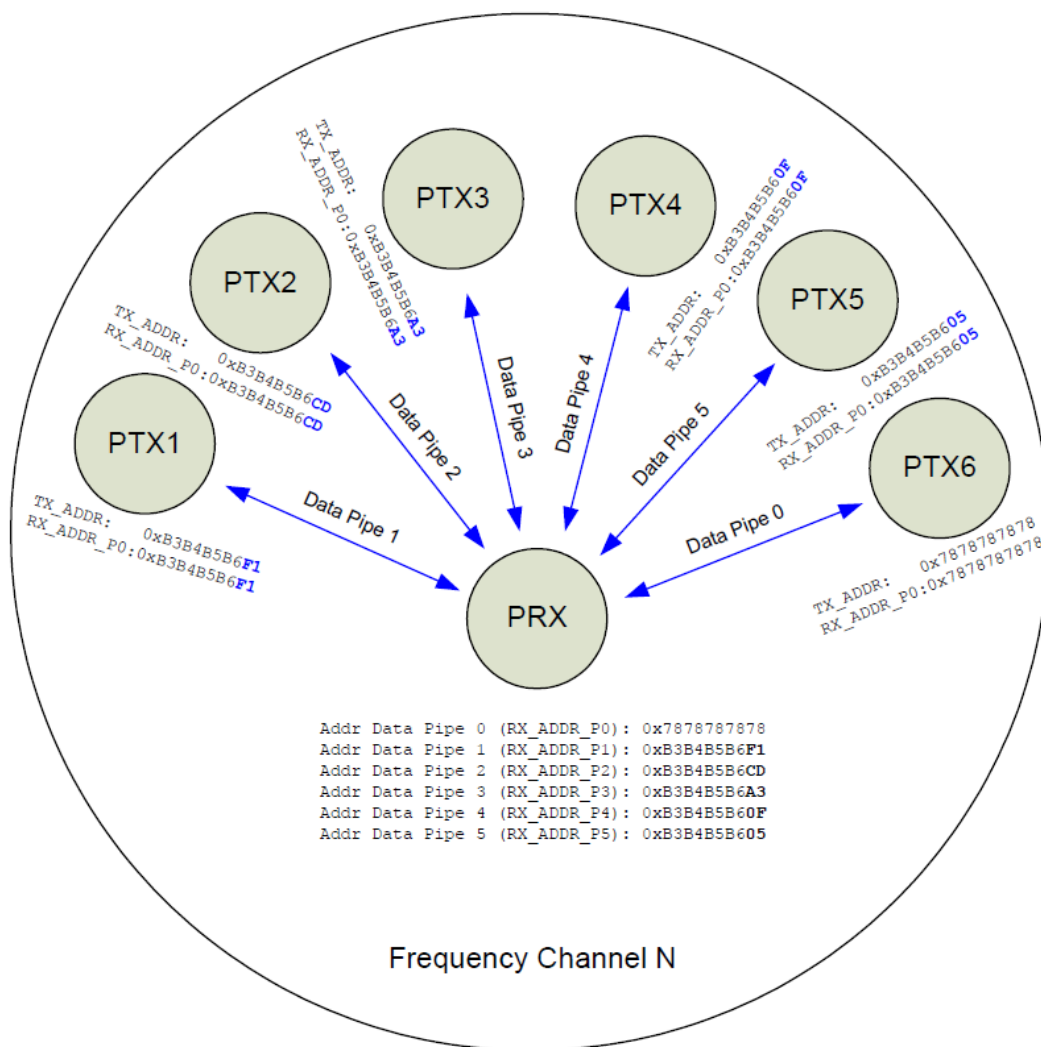
TUTORIAL

Módulo Transceptor de 2,4GHz nRF24L01+

Conceito:

Módulo RF nRF24L01+ é um transceptor baseado no chip *Nordic Semiconductor* desenvolvido para aplicações sem fio (*wireless*) que utiliza o protocolo *Enhanced ShockBurst™* na sua camada de enlace de dados. Ele é configurado através da interface *SPI* (*Serial Peripheral Interface* - Interface Periférica Serial) e contém até 128 canais que operam na faixa 2,4GHz, faixa essa considerada livre de licenciamento, o que permite diversos dispositivos operando nela como: WiFi, bluetooth, telefones sem fio, etc. Então, por essa razão que é necessário escolher um canal dentre os existentes que esteja vago.

Esse módulo tem uma capacidade de "ouvir" até seis transmissores simultaneamente, sem causar interferência umas nas outras. Cada **Módulo RF nRF24L01+** contém um conjunto de seis "Tubos" (*Pipe*) de dados paralelos com endereços únicos. Um "Tubo" de dados é um canal lógico que possui um endereço físico único no canal de RF decodificado no chip *nRF24L01+*. Por essa razão para estabelecer uma comunicação entre o transmissor (Tx) e receptor (Rx) é preciso configurar o mesmo endereço em ambos os módulos.





www.huinfinito.com.br

TUTORIAL

Módulo Transceptor de 2,4GHz nRF24L01+

Esse módulo também pode ser configurado para retornar uma confirmação de recebimento bem como reenvio caso algum dado seja perdido, com a possibilidade de até quinze reenvios, o que torna o sistema extremamente confiável. E por possuir uma antena impressa na própria placa do módulo, operando na frequência de 2,4GHz, seu alcance pode chegar a 10 metros em ambientes internos e 100 metros em campo aberto.

Aplicação:

O transceptor é o acrônimo de transmissor e receptor e na sua engenharia ele é composto por ambos os elementos, possibilitando a recepção e transmissão sem fio de sinais de radiofrequência (RF) entre dispositivos a uma determinada distância.

O **Módulo RF nRF24L01+** pode ser ideal para aplicações:

- Industriais, como *M2M (Machine to Machine)*, onde é possível transferir dados de controle entre duas máquinas localizadas em setores diferentes da fábrica;
- Automação e controle de aparelhos, onde através do envio de um comando seria possível ligar ou desligar um eletrodoméstico em casa;
- Monitoramento através de uma Estação Meteorológica remota, onde uma rede de sensores sem fio seriam capazes de transferir dados como temperatura, umidade e pressão para um servidor web.

Protocolo:

O **Módulo RF nRF24L01+** utiliza o protocolo *Enhanced ShockBurst™*, possibilitando ao transceptor possuir montagem, temporização, confirmação e retransmissão automáticos de pacotes. O microcontrolador configura o transceptor e então esse precisa enviar apenas o endereço e os dados que se deseja transmitir. O protocolo se encarrega de reconhecer o recebimento de um pacote, gerar o *CRC (Cyclic Redundancy Check - Verificação de Redundância Cíclica)*, amostrar os bits e empacotar ou desempacotar os dados, dependendo do modo de operação do transceptor, que pode ser:

1. **Modo power down:** neste modo o **nRF24L01+** está desativado, com consumo mínimo de corrente;
2. **Modo standby:** modo de espera, usado para minimizar o consumo médio de corrente;
3. **Modo RX:** modo de recepção de dados;
4. **Modo TX:** modo de transmissão de dados.

O **Módulo RF nRF24L01+** se comunica com o microcontrolador através da interface *SPI (Serial Peripheral Interface)* que é um protocolo de dados seriais síncronos utilizado para comunicação (troca de dados) entre o microcontrolador e um ou mais periféricos. Também pode ser utilizado entre dois microcontroladores. Esse protocolo se baseia no conceito de Servidor (mestre - que envia) e Cliente (escravo - que recebe) onde o Servidor pode enviar dados para um ou mais Clientes.

Os pacotes montados pelo transceptor antes de serem enviados possuem o seguinte formato:

Preamble 1 byte	Address 3-5 byte	Packet Control Field 9 bit	Payload 0 - 32 byte	CRC 1-2 byte
-----------------	------------------	----------------------------	---------------------	--------------

- **Preâmbulo** (campo *Preamble*): é uma sequência de bits com 1 byte de tamanho para detectar os níveis de 1's e 0's no receptor;

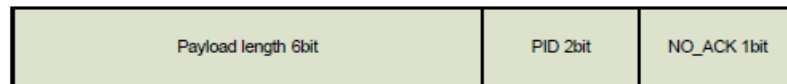


www.huinfinito.com.br

TUTORIAL

Módulo Transceptor de 2,4GHz nRF24L01+

- **Endereço** (campo *Address*): corresponde ao endereço do receptor e pode ser configurado para ter o tamanho de 3, 4 ou 5 bytes;
- **Controle de pacote** (campo *Packet Control Field*): este campo é formado por 3 campos, como mostra a figura a seguir:



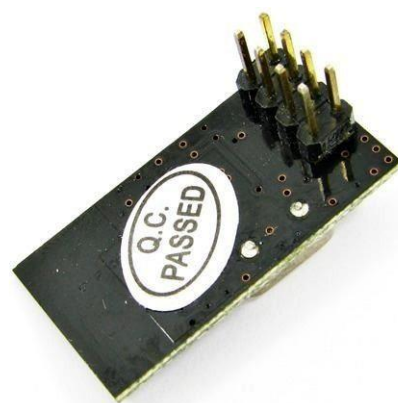
- **Tamanho da carga útil** (*Payload length*) - este campo de 6 bits especifica o comprimento da carga útil (*payload*), em bytes, que pode variar entre 0 e 32 bytes. É o conteúdo do pacote de dados definido pelo usuário a serem transmitidos;
 - **PID** (*Packet identification* - identidade do pacote) - estes 2 bits são utilizados para detectar se o pacote recebido é novo ou retransmitido;
 - **NO ACK** (*No Acknowledgment* - sem confirmação) - *flag* controlado pelo recurso de confirmação automática. Se o *flag* for configurando em nível alto, informa-se ao receptor que o pacote não deve ser automaticamente confirmado;
- **CRC** (*Cyclic Redundancy Check*): é o mecanismo de detecção de erros na transmissão dos pacotes. Pode ter tamanho de 1 ou 2 bytes e é calculado sobre o endereço, o campo de controle de pacote e a carga útil (*payload*). Nenhum pacote é aceito pelo *Enhanced ShockBurst™* se o **CRC** falhar.

Módulo Transceptor de 2,4GHz nRF24L01+:

Esse módulo é baseado no chip *Nordic Semiconductor nRF24L01+*, que integra um transceptor RF de 2,4GHz *half-duplex*, ou seja, tem a capacidade de enviar e receber até 32 bytes de dados por vez com taxas de transmissão de 256Kbps, 1Mbps ou 2Mbps, porém não simultaneamente.



Vista de Frente



Vista do Verso

O **nRF24L01** (sem "+" no final) foi substituído pelo **nRF24L01+** (ou, por vezes, chamado **nRF24L01P**), melhorando as margens para satisfazer as normas regulamentares de RF. Deve atentar-se, pois o módulo com "+" possui 8 pinos e o "sem +" possui 10, ou seja, esse último possui um Vcc e um GND a mais.



www.huinfinito.com.br

TUTORIAL

Módulo Transceptor de 2,4GHz nRF24L01+

Informações úteis sobre o Módulo Transceptor de 2,4GHz nRF24L01+:

- Tensão: 1,9 a 3,6V (3,3V recomendado);
- Taxas de transmissão: 256Kbps, 1Mbps ou 2Mbps;
- Frequência de operação: 2,4GHz;
- Multicanais de operação: 128;
- Corrente durante a transmissão: 11,3 mA;
- Corrente durante a recepção: 12,3mA;
- Corrente em repouso: 900nA;
- Potência de transmissão programável em: 0 (máx), -6, -12 ou -18dBm;
- Sensibilidade de recepção: - 82dBm a 2Mbps;
- Buffer: 1 até 32 bytes de dados por vez;
- Temperatura de trabalho: -40 a 85°C;
- Alcance de transmissão com antena impressa: cerca de 10 m em ambientes internos e 100 m em campo aberto;
- Dimensões: 15 x 29mm.

Passo a passo para comunicação entre o Módulo Transceptor de 2,4GHz nRF24L01+ Arduino + Computador (PC):

O Arduino foi construído originalmente para se comunicar de forma serial através de seus pinos digitais D0 (RX) e D1 (TX), que ao serem conectados a um computador através de um cabo *USB (Universal Serial Bus)*, permite a transferência de dados pela chamada interface *UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)*, mesmo enquanto trabalha em outras tarefas, desde que haja espaço disponível no *buffer* serial de 64 byte. Assim, no Arduino existe uma parte do *hardware* específica para a conversão Serial/USB. Disso resulta a criação de uma porta *COM* virtual no computador para a comunicação com o Arduino.

Porém uma biblioteca denominada *SPI* foi desenvolvida para permitir a comunicação periférica serial de dispositivos com o Arduino como um mestre. Dessa forma o **Módulo RF nRF24L01+** se comunica através do barramento *SPI* do Arduino, de acordo com a biblioteca *RF24*, usando os pinos digitais 9 (*CE*), 10 (*CSN*), 11 (*MOSI*), 12 (*MISO*) e 13 (*SCK*) no Arduino Padrão (Duemilanove/Uno) e os pinos 9 (*CE*), 10 (*CSN*), 50 (*MISO*), 51 (*MOSI*) e 52 (*SCK*) no Arduino Mega. Lembrando que o pino negativo em ambos os casos deve ser ligado ao GND e, muita **atenção**, o **Vcc** do módulo deve ser alimentado pelo pino **3,3V** do Arduino e **NÃO** 5V.

- **MOSI (Master Out Slave In)**: Linha do mestre, para enviar dados aos periféricos;
- **MISO (Master In Slave Out)**: Linha do escravo, para enviar dados ao mestre;
- **SCK (Serial Clock)**: Pulsos de clock que sincronizam a transmissão de dados gerados pelo mestre. Para prover o sincronismo, o sinal de clock no pino SCK pode ser gerado somente pelo mestre, e este sinal controla quando os dados podem mudar e quando são válidos para leitura;
- **CSN (Chip Select)**: Existente em cada periférico, que pode ser usada pelo mestre para habilitá-los ou inibi-los, evitando transmissões falsas devido aos ruídos na linha. Por permitir vários escravos, o *SPI* precisa controlar qual deles está sendo acessado, e o faz com um sinal no pino *CSN*;
- **CE (Chip Enable)**: O pino *CE* é responsável por ativar o modo de operação em Tx (transmissor) ou Rx (receptor);
- **IRQ (Interrupt Pin)**: Pino responsável pelo controle de interrupções.

Outra biblioteca importante para execução desse projeto é a biblioteca *RF24*, pois ela permite métodos de configuração do **Módulo RF nRF24L01+**.



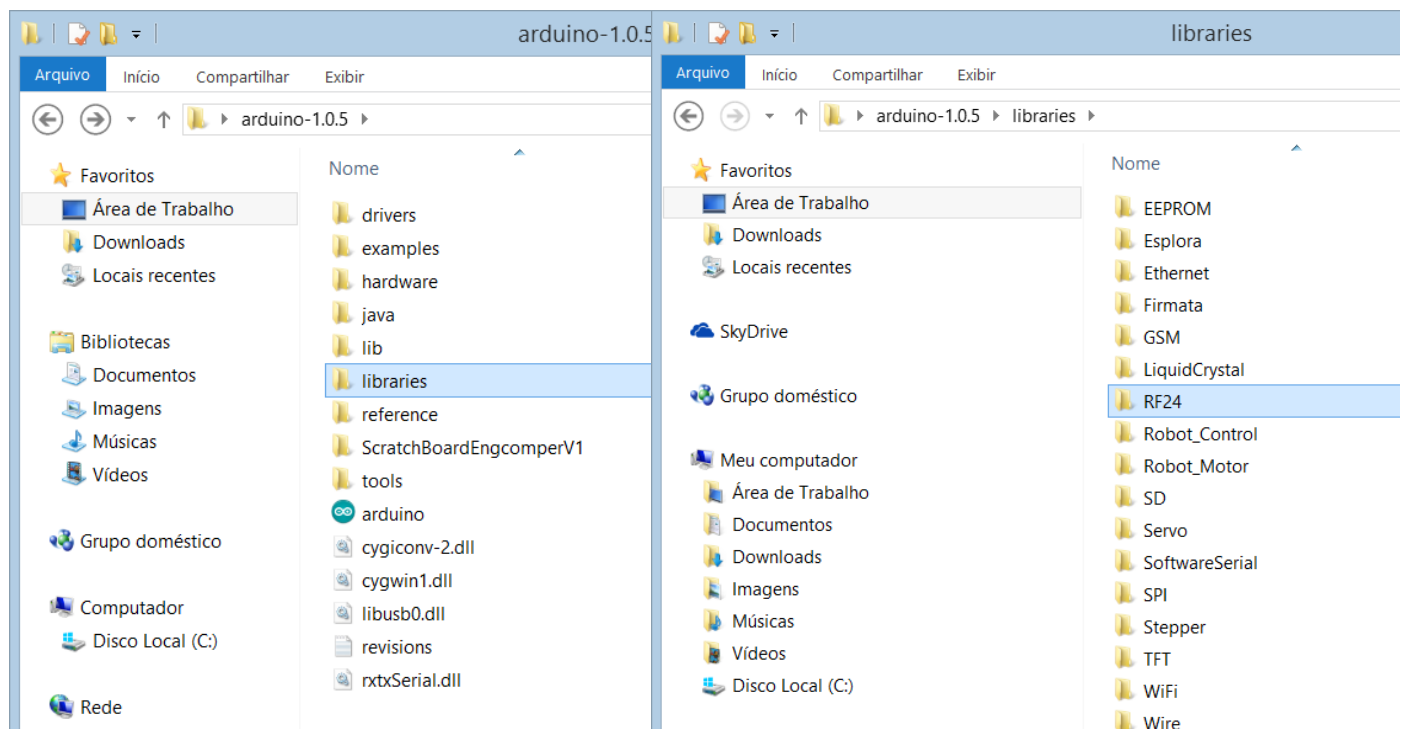
www.huinfinito.com.br

TUTORIAL

Módulo Transceptor de 2,4GHz nRF24L01+

Então os passos abaixo deverão ser seguidos exatamente na mesma sequência que forem apresentados, pois caso contrário correrá o risco de não funcionar:

1. Como não há uma biblioteca oficial "Arduino", que é mantido pela equipe arduino.cc então será necessário baixar uma biblioteca implementada por *J. Coliz* (a.k.a. maniacbug) e melhorada por *Greg Copeland* conhecida como *RF24* e disponível na internet (<https://github.com/maniacbug/RF24/>). Assim que abrir a janela clique no botão "Download ZIP" localizado no canto inferior direito da tela para baixar a biblioteca. Em seguida deve-se descompactá-la na pasta *libraries* do Arduino. Após realizar a descompactação se o nome da pasta ficar "RF24-master" deve-se renomeá-la para que o nome fique somente "RF24". Essa biblioteca poderá não funcionar na IDE (Interface de Desenvolvimento Integrada) do Arduino com versões anteriores a 1.0 ou versões betas;



2. Baixar o programa (código) de exemplo chamado *nRF24L01_Transmissor_Receptor_LED* na aba DOWNLOAD do link <http://www.huinfinito.com.br/comunicacao-sem-fio-wireless/909-modulo-transceptor-rf-de-24ghz-nrf24l01.html>;
3. Realizar as conexões do **Módulo RF nRF24L01+** com o Arduino de acordo com a pinagem indicada na tabela e figuras ilustrativas a seguir:



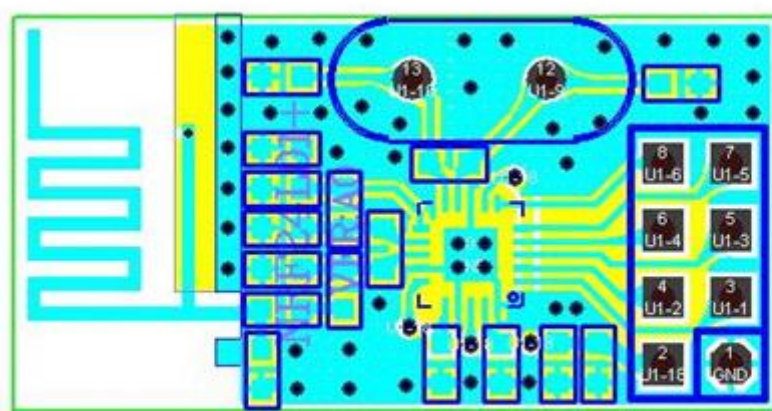
www.huinfinito.com.br

TUTORIAL

Módulo Transceptor de 2,4GHz nRF24L01+

Sinal	Módulo de RF <i>nRF24L01+</i>	Pino Arduino Padrão para a Biblioteca <i>RF24</i>	Pino Arduino MEGA para a Biblioteca <i>RF24</i>
GND	1	GND	GND
VCC	2	3,3V	3,3V
CE	3	9	9
CSN	4	10	10
SCK	5	13	52
MOSI	6	11	51
MISO	7	12	50
IRQ	8	2 *	2 *

* NOTA: O pino 8 (*IRQ*) não é utilizada pela maioria dos softwares, mas na biblioteca *RF24* tem um exemplo que você poderá utiliza-lo.



1	GND
2	VCC
3	CE
4	CSN
5	SCK
6	MOSI
7	MISO
8	IRQ

Vista Superior do **Módulo RF nRF24L01+**

Primeiro de tudo, é claro, será necessário duas placas Arduino e pelo menos dois **Módulo RF nRF24L01+**, sendo um para transmitir e outro para receber. Dessa forma deve-se realizar as conexões apresentadas a seguir tanto para o transmissor como para o receptor.

Atenção! Perceba que o **Módulo RF nRF24L01+** está sendo alimentado pelo **3,3V** da placa Arduino, enquanto a *protoboard* pelo **5V**. Jamais alimente o módulo com 5V, pois pode danificar o chip **nRF24L01+**.



www.huinfinito.com.br

TUTORIAL

Módulo Transceptor de 2,4GHz nRF24L01+

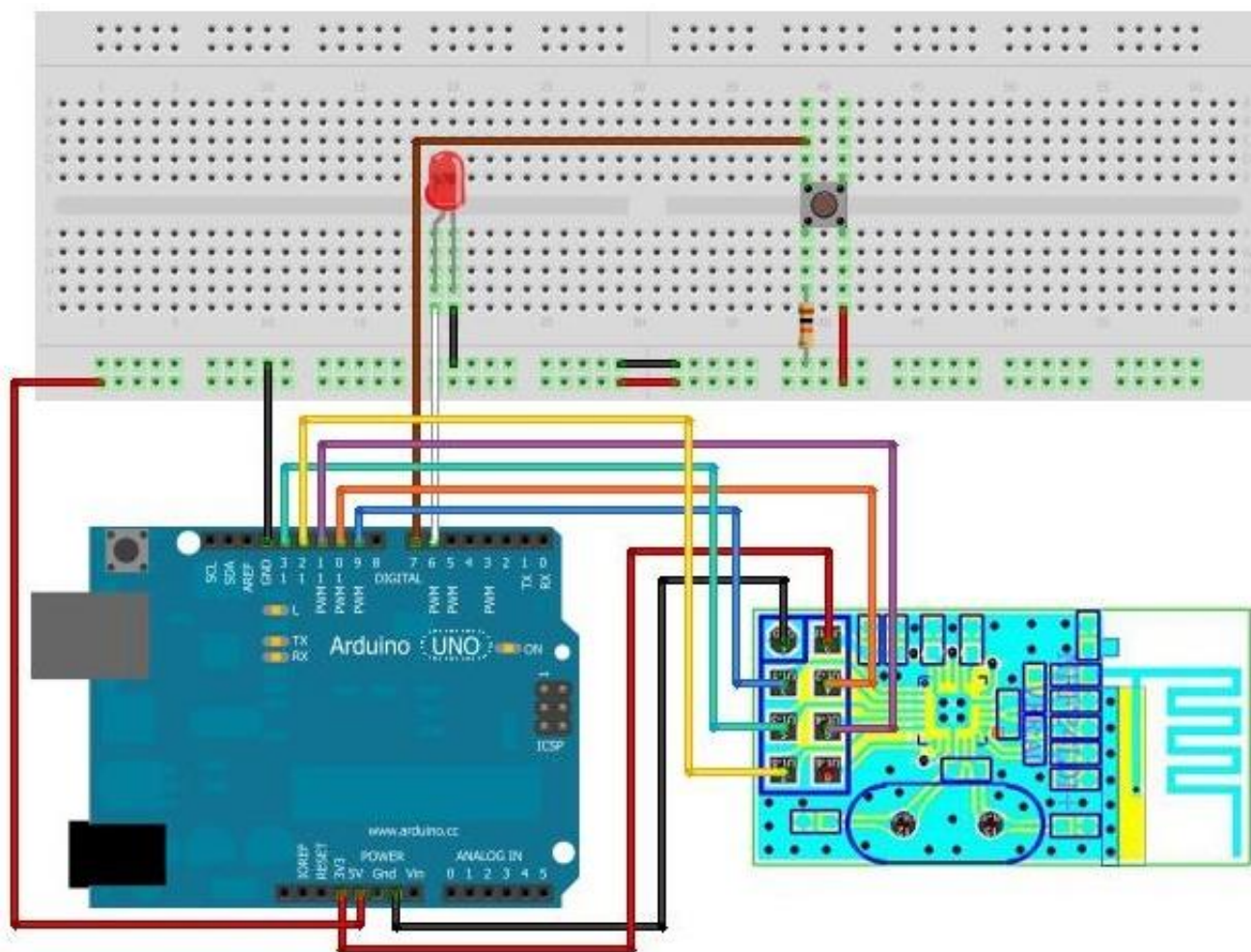


Figura representativa tanto do Transmissor como Receptor

4. Plugar o cabo USB do Arduino que se comportará como **transmissor** e conectar no seu computador;



Arduino com **Módulo RF nRF24L01+** transmissor

HU INFINITO COMPONENTES ELETRÔNICOS
Detalhes: Loja Virtual inscrita no CNPJ sob o nº.14.855.232/0001-36 - TELEFONE: +55 61 9962-7070

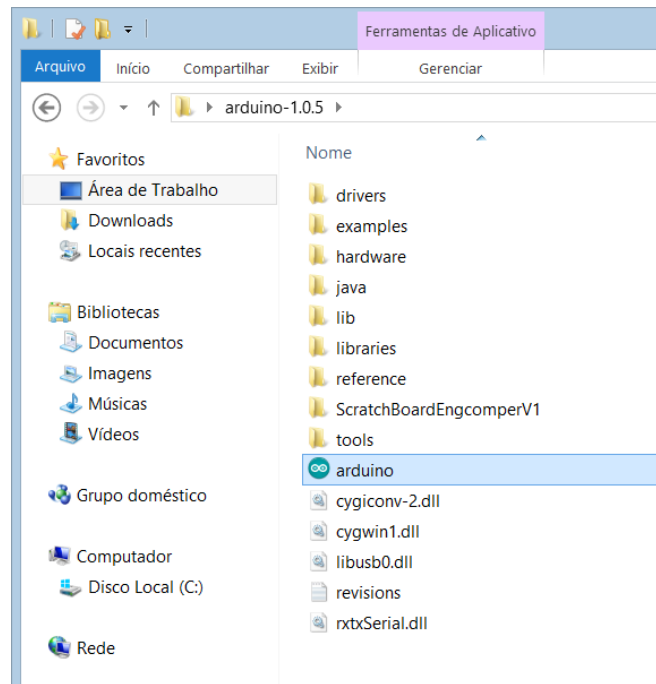


www.huinfinito.com.br

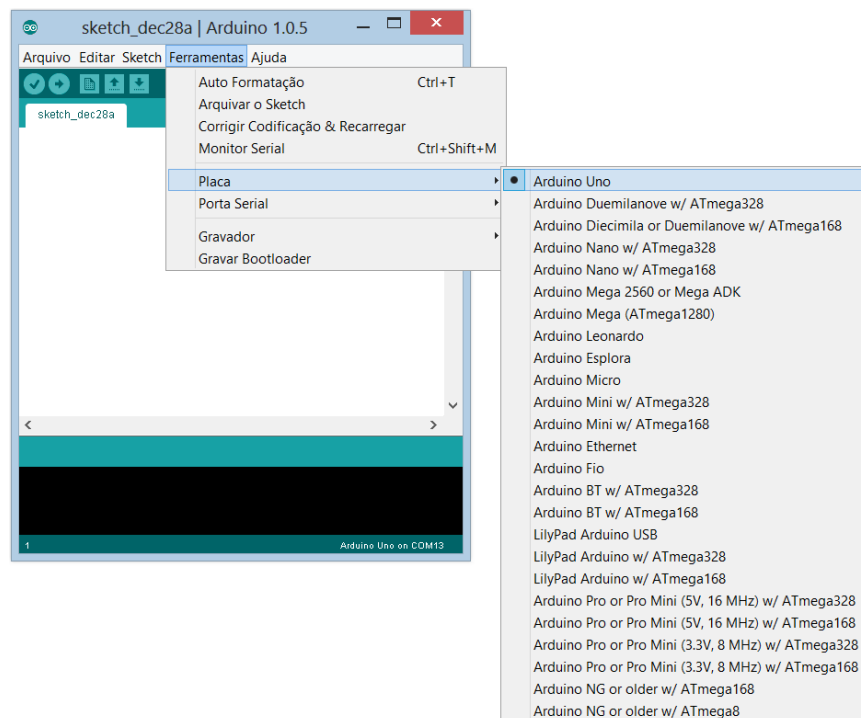
TUTORIAL

Módulo Transceptor de 2,4GHz nRF24L01+

5. Abrir a IDE (Interface de Desenvolvimento Integrada) do Arduino clicando no aplicativo “**arduino.exe**”;



6. No menu da IDE selecione a opção “**Ferramentas (Tools)**”, “**Placa (Board)**” e escolha o tipo de Arduino que você está utilizando. No caso desse exemplo estamos utilizando o Arduino UNO;



HU INFINITO COMPONENTES ELETRÔNICOS

Detalhes: Loja Virtual inscrita no CNPJ sob o nº.14.855.232/0001-36 - TELEFONE: +55 61 9962-7070

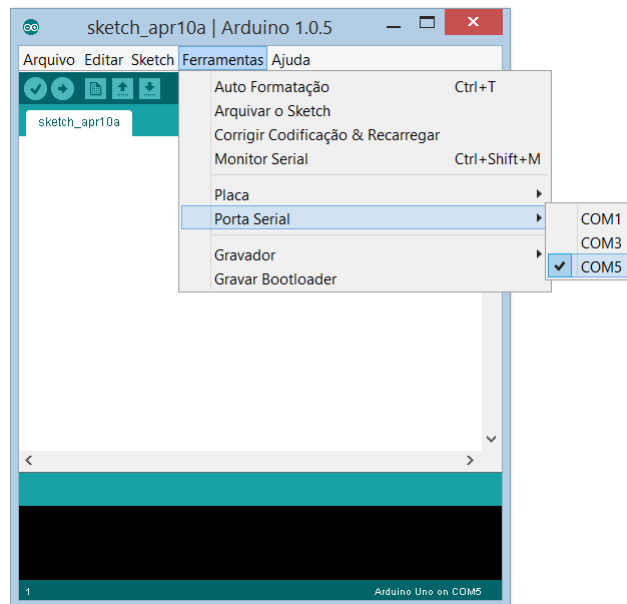


www.huinfinito.com.br

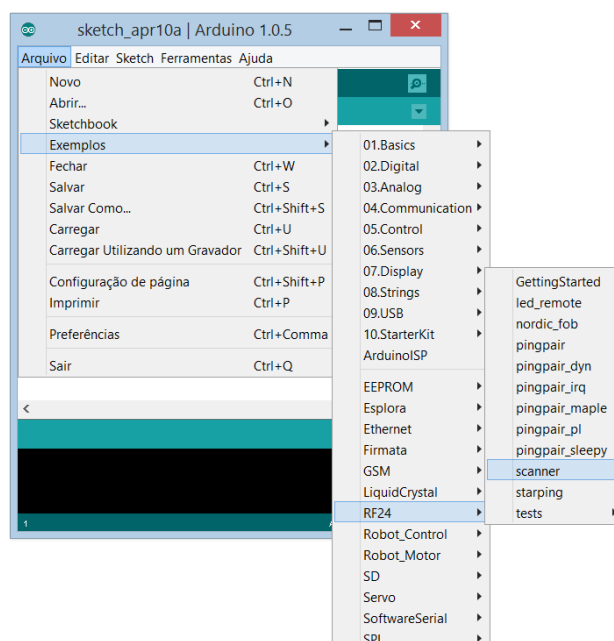
TUTORIAL

Módulo Transceptor de 2,4GHz nRF24L01+

- No menu da IDE selecione a opção "**Ferramentas (Tools)**", "**Porta Serial (Serial Port)**" e defina qual porta COM (*Communication*) o Arduino está utilizando. No caso desse exemplo foi definida a COM5;



- Como o **Módulo RF nRF24L01+** contém até 128 canais que operam na faixa 2,4GHz, faixa essa considerada livre de licenciamento, o que permite diversos dispositivos operando nela como: WiFi, bluetooth, telefones sem fio, etc. Então, por essa razão será necessário escolher um canal dentre os existentes que esteja vago na sua região. Para isso a biblioteca RF24 possui um programa já pronto para fazer essa tarefa chamado *scanner*. Para abri-lo na IDE do Arduino deve-se selecionar a opção "**Abrir (Open)**" no menu "**Arquivo (Files)**", selecionar "**Exemplos (Examples)**", em seguida selecionar "**RF24**" e por fim selecionar "**scanner**".



HU INFINITO COMPONENTES ELETRÔNICOS

Detalhes: Loja Virtual inscrita no CNPJ sob o nº.14.855.232/0001-36 - TELEFONE: +55 61 9962-7070

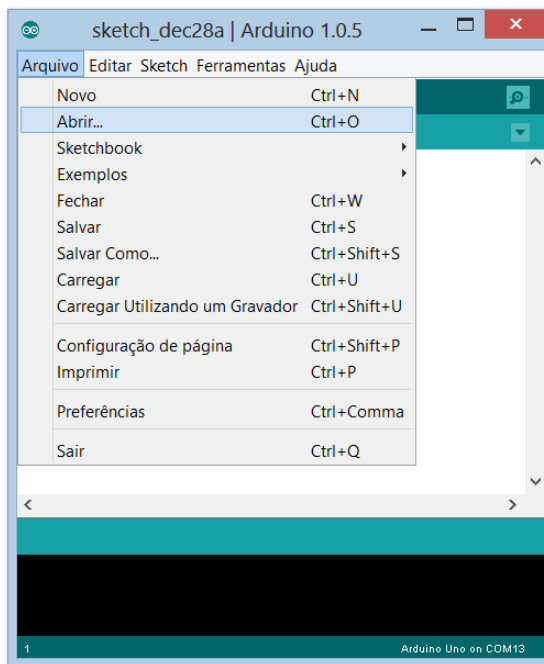


www.huinfinito.com.br

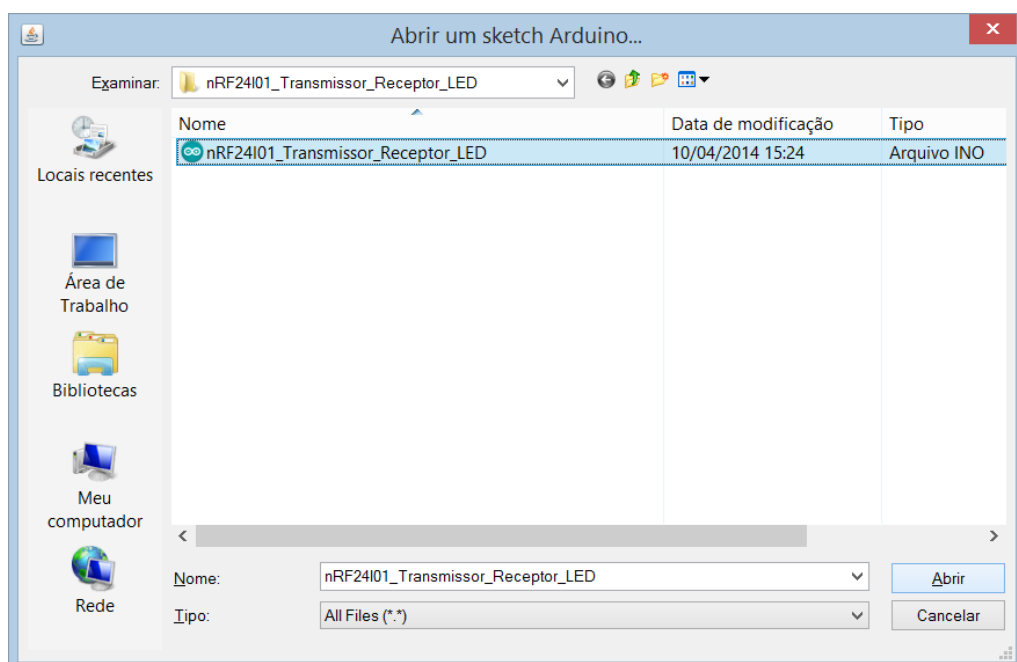
TUTORIAL

Módulo Transceptor de 2,4GHz nRF24L01+

11. Realizado a configuração do canal deve-se abrir o programa *nRF24I01_Transmissor_Receptor_LED* na IDE do Arduino, selecionando a opção "**Abrir (Open)**" no menu "**Arquivo (Files)**";



12. Será aberta uma janela, onde você deverá navegar até o local onde baixou o arquivo *nRF24I01_Transmissor_Receptor_LED.ino*. Ao encontra-lo selecione-o e pressione o botão "**Abrir**";



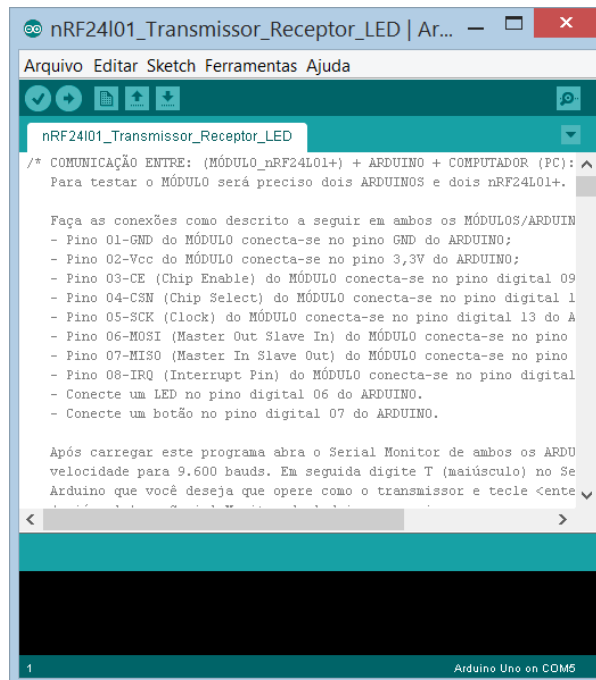


www.huinfinito.com.br

TUTORIAL

Módulo Transceptor de 2,4GHz nRF24L01+

13. Após abrir o programa `nRF24I01_Transmissor_Receptor_LED.ino` deve-se carregá-lo no Arduino, pressionando o botão "**Carregar** (Upload)" logo abaixo da barra de menu. Aguarde até uma mensagem de concluído (*Done*) ser exibida na IDE. Aconselhamos a fazer uma leitura dos comentários inseridos em cada linha do programa, pois isso facilitará o seu entendimento de como o programa funciona.



14. Finalizado o passo anterior deve-se repetir os mesmos passos (exceto o procedimento do *scanner*) para o Arduino que se comportará como **receptor** e, de preferência, conectar o Arduino receptor em um computador diferente daquele onde se conectou o Arduino transmissor, pois como será necessário utilizar o Serial Monitor da IDE do Arduino para ver os resultados no transmissor e receptor, pode ser que a mesma IDE não permita abrir duas janelas com portas **COMs** diferentes sem se conflitarem, uma vez que um dos Arduinos estará conectado, no caso desse exemplo, na porta COM5 e o outro na COM6. Uma saída seria utilizar duas IDEs com versões diferentes, desde que não seja beta, onde com a IDE em uma versão você carrega o programa em um Arduino e na IDE com outra versão você carrega o programa no outro Arduino, dessa forma será até possível utilizar o mesmo computador.

Atenção! O programa a ser carregado no receptor deverá ser o mesmo carregado no transmissor, ou seja, o `nRF24I01_Transmissor_Receptor_LED.ino`.



Arduino com **Módulo RF nRF24L01+** receptor

HU INFINITO COMPONENTES ELETRÔNICOS

Detalhes: Loja Virtual inscrita no CNPJ sob o nº.14.855.232/0001-36 - TELEFONE: +55 61 9962-7070

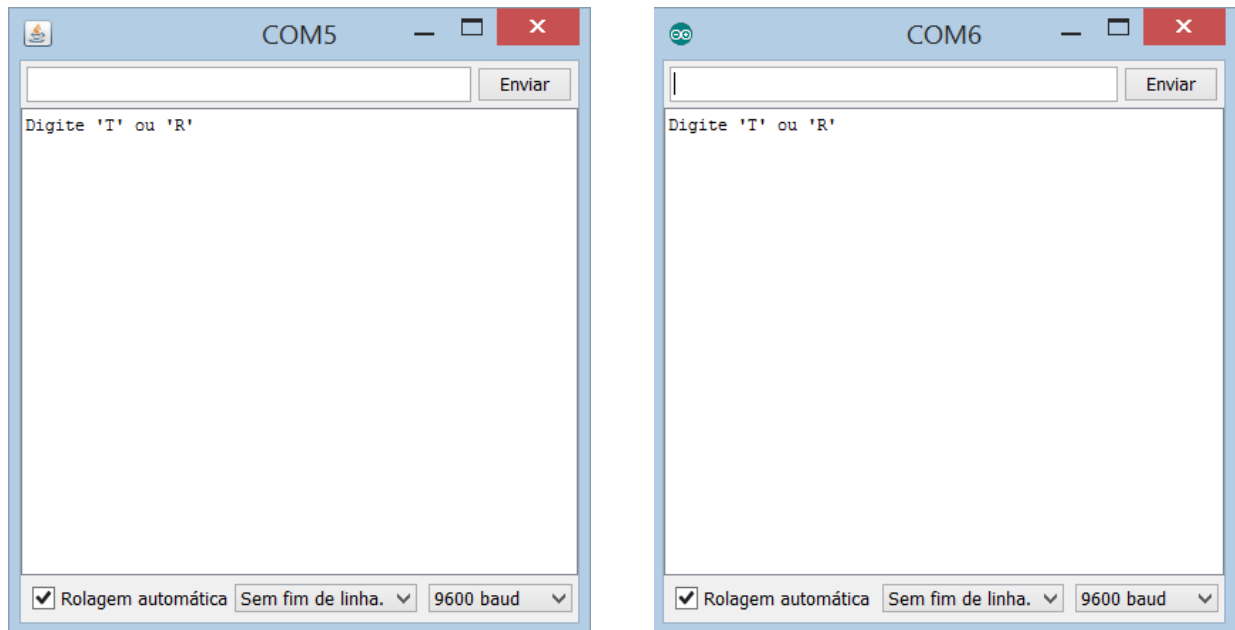


www.huinfinito.com.br

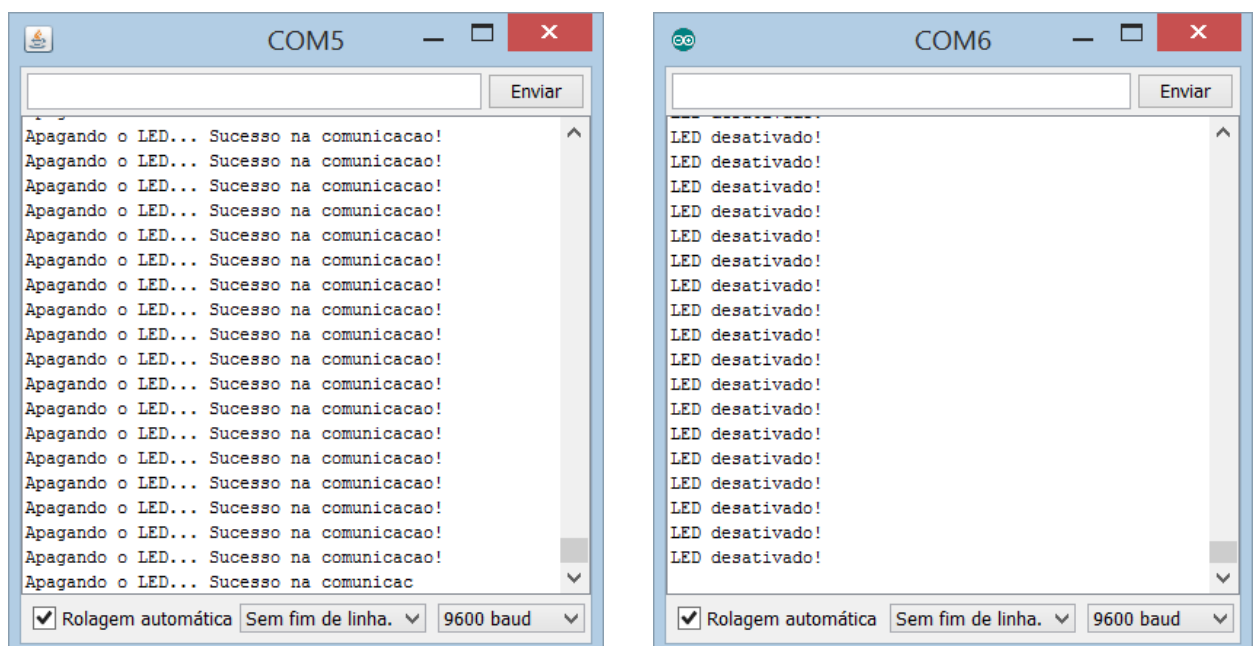
TUTORIAL

Módulo Transceptor de 2,4GHz nRF24L01+

15. Para testar a transferência dos dados entre os Arduinos + **Módulos RF nRF24L01+**, após carregar o mesmo programa em ambos, abrir o Serial Monitor do Arduino que se comportará como transmissor e configurar a velocidade para 9600bps, fazendo o mesmo para o Arduino que se comportará como receptor.



16. Para o Arduino que irá se comportar como transmissor, digitar **T** (maiúsculo) no Serial Monitor e pressionar o botão <enviar>. E para o Arduino que se comportará como receptor, digitar **R** (maiúsculo) no Serial Monitor e pressionar o botão <enviar>. Se tudo ocorrer bem no Serial Monitor aparecerão os seguintes resultados:



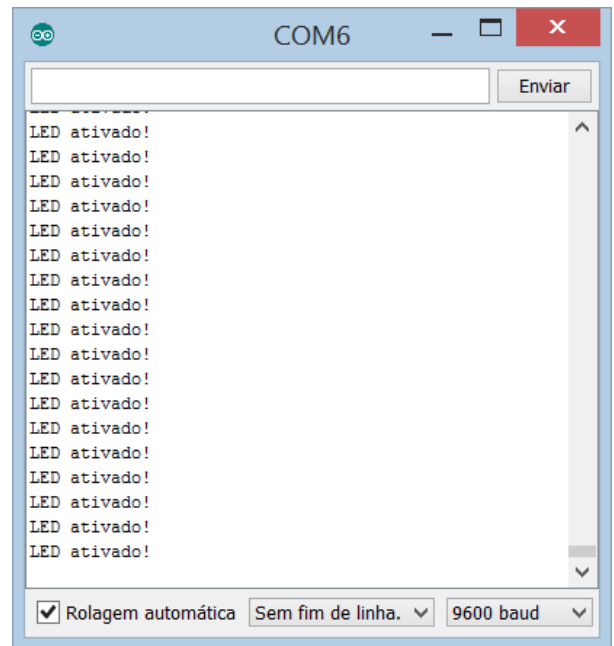
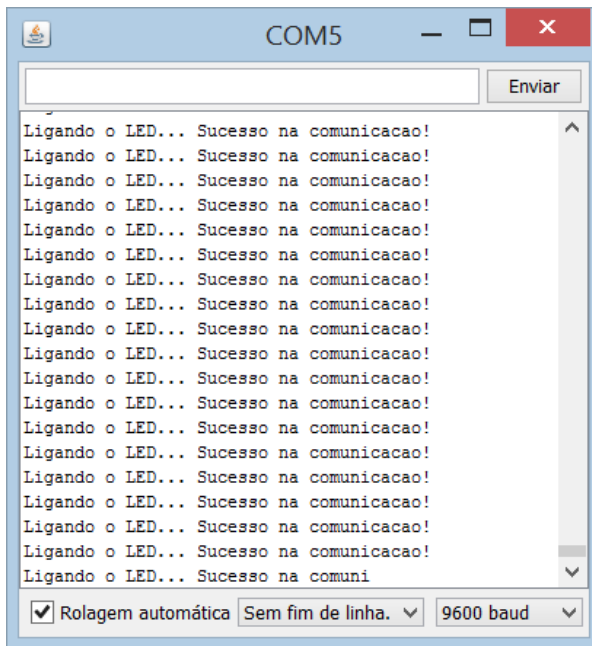


www.huinfinito.com.br

TUTORIAL

Módulo Transceptor de 2,4GHz nRF24L01+

17. Agora ao pressionar o botão inserido na *protoboard* e conectado no pino digital D7 do Arduino transmissor acenderá o LED conectado na porta digital D6 do Arduino receptor e no Serial Monitor aparecerão os seguintes resultados:



18. Agora, caso queira que o Arduino que estava operando como receptor opere como transmissor e vice-versa, basta digitar **T** (maiúsculo) no Serial Monitor dele e pressionar o botão <enviar>, digitar **R** (maiúsculo) no Serial Monitor do outro Arduino e pressionar o botão <enviar>. E se tudo também ocorrer bem no Serial Monitor aparecerão os mesmos resultados, porém serão apresentados de forma invertida nas telas da COM5 e COM6.

Links úteis sobre o Módulo Transceptor de 2,4GHz nRF24L01+:

- [Datasheet do nRF24L01P](#)
- [Protocolo Enhanced ShockBurst™](#)