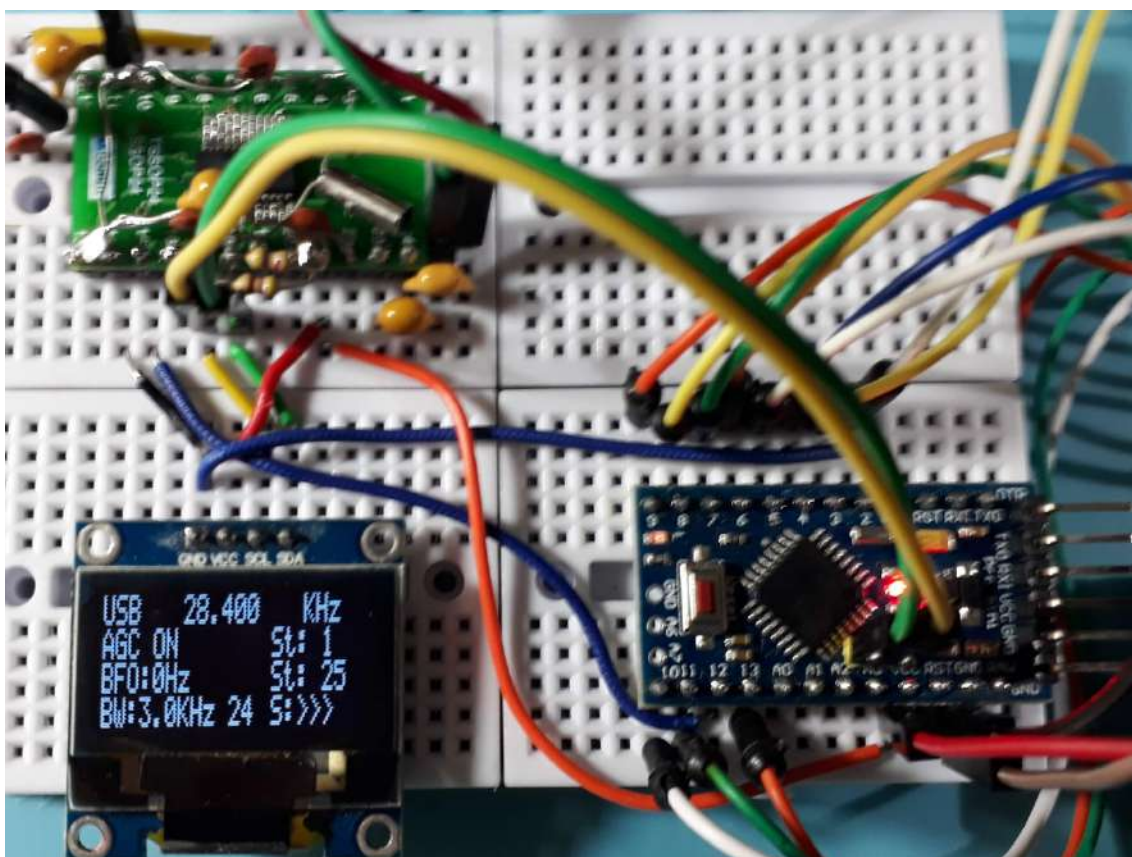


Construa um receptor FM, AM e SSB (LW, MW e SW) com o Si4735 e Arduino

Por Ricardo Lima Caratti



Introdução

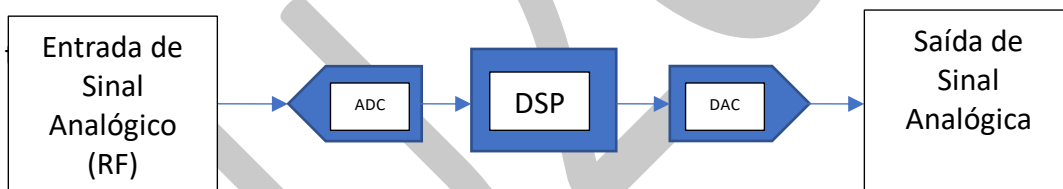
O Si4735 é um rádio DSP (Digital Signal Processing) encapsulado em um CI fabricado pela Silicon Labs que possui ótimo desempenho em AM e SSB (Single Side Band) nas faixas de LF, MF e HF, bem como em FM (estações comerciais locais). O Si4735 pode ser controlado por meio de um microcontrolador como o ATmega328, ATtiny85, ESP32 ou outro de sua preferência. Para fazer o Si4735 executar uma ação, o microcontrolador precisa enviar um conjunto de bytes (comando e argumentos) que o dispositivo interpreta e executa a ação desejada. Uma vez executado o comando, o Si4735 é capaz de fornecer uma sequência de bytes (respostas) que podem ser tratados pelo microcontrolador. Há centenas de comandos disponíveis que o Si4735 pode executar. Via comandos, é possível mudar a frequência, o modo (AM ou SSB), ler informações em tempo real como o RSSI, RNS, status de estéreo ou mono, aplicar filtros de largura de banda, aplicar atenuações e muito mais.

O objetivo deste artigo é fazer uma breve introdução ao Si4735 e orientar o leitor interessado a construir um receptor baseado neste CI usando a plataforma de desenvolvimento Arduino. Não é objetivo deste artigo discorrer sobre o Ambiente de Desenvolvimento Arduino em si. Tampouco, ensinar a programar neste ambiente. Diante disso, para melhor aproveitamento do conteúdo deste artigo, é importante que o leitor tenha algum conhecimento básico sobre o Arduino IDE, bem como em linguagem de programação C/C++.

Um pouco sobre DSP

Digital Signal Processing (DSP), é utilizado atualmente em vários campos da ciência e tecnologia. Em qualquer sistema que usa DSP, a ideia principal é processar um sinal que foi convertido de analógico para digital e extrair informações para servir a algum propósito. Esta ideia atualmente está presente, por exemplo, em exames de ressonância magnética, nos dispositivos móveis, equipamentos audiovisuais, entre várias outras aplicações cotidianas. Seguindo esse novo paradigma, muitos fabricantes de receptores saíram do modelo analógico e passaram a comercializar rádios baseados nesta tecnologia.

A figura a seguir apresenta um diagrama de bloco de um sistema DSP que pode perfeitamente representar o modelo de funcionamento de um receptor baseado nesta



Note no diagrama anterior que o bloco descrito por “Entrada de Sinal Analógico” pode perfeitamente representar o circuito de entrada de um receptor qualquer. A implementação deste bloco pode consistir desde uma simples antena até um “front-end” mais complexo, envolvendo filtros de passagem de banda e amplificador de sinal. O passo seguinte e definitivo que separa os dois modelos (DSP e Convencional) é converter este sinal analógico para informação digital. Este papel é executado por um módulo ADC (Analog-to-Digital Converter). Depois que a informação analógica é convertida para digital, entra então em operação o cérebro deste modelo. O módulo DSP obtém a informação digitalizada e submete a um conjunto de funções matemáticas implementadas por software. Neste estágio, ocorre a aplicação de filtros e a demodulação do sinal. Por fim, este sinal é novamente convertido para analógico para que finalmente se transforma em áudio para o usuário.

Vantagens e desvantagens em usar DSP

Observa-se um contínuo e saudável debate sobre as vantagens e desvantagens de sistemas DSP. Alguns advogam que o modelo DSP é mais complexo que o analógico. Isso em parte é devido ao fato que, uma vez convertida a informação analógica para informação digital, esta passa por complexas funções matemáticas implementadas dentro do dispositivo DSP. Sem entrar no mérito deste debate, talvez seja plausível imaginar que, em casos mais simples de tratamento de sinal, o modelo analógico seja o mais adequado ou o mais simples de ser desenvolvido. No entanto, na proporção que o tratamento do sinal demande algo mais elaborado, o modelo analógico começa a ficar mais complexo e caro para ser desenvolvido. O livro ARRL Handbook [ARRL], no capítulo 15, faz uma breve comparação descrevendo o método tradicional por fase (phasing) de geração de sinal SSB. Este método, exigirá filtros de cristal de elevado custo ou ainda vários componentes de alta precisão como misturadores, osciladores, entre outros componentes. Em contrapartida, no modelo DSP, é necessário somente inserir esta função ao software de processamento de sinal. Ou seja, nenhum componente eletrônico adicional, será necessário para fazer um receptor DSP demodular também SSB.

O exemplo supracitado em particular, poderá ser observado na prática com Si4735 e a biblioteca para o ambiente Arduino desenvolvida para controlar este CI. O leitor observará que sem incluir um único componente de hardware ao circuito, o receptor passará a demodular sinais SSB além dos tradicionais AM e FM já distribuídos de fábrica.

É importante destacar que, quando a simplicidade e o baixíssimo consumo de energia são requisitos prioritários em um projeto, o modelo DSP pode trazer algumas limitações. Isso porque este modelo exige circuitos mínimos para poder funcionar. Estes circuitos, por si só, já poderão consumir mais energia que um circuito analógico simples. Por exemplo, um simples receptor CW pode consumir menos energia que os conversores Analógico para Digital e Digital para Analógico (ADC e DAC) necessários no modelo DSP executar a mesma função.

A seguir tem-se mais detalhes sobre o DSP fabricado pela Silicon Labs.

Si4735

A Silicon Labs descreve o Si4735 como um circuito integrado CMOS que encapsula um receptor capaz de demodular AM e FM. Contudo, é importante ressaltar que no caso específico da linha do CI Si4735-D60, é possível também demodular SSB e NBFM (Narrow Band FM) por meio de aplicações de patches (atualizações de firmware) sem que um único componente de hardware seja adicionado ao sistema.

O Si4735 possui entradas de RF onde será conectado um front-end e saídas analógica e digital de áudio. Via comandos, é possível controlar o CI para interagir com um front-end do receptor bem como ajustar o volume (amplitude) da saída de áudio. Descrever todas as possibilidades de configuração deste CI deixaria este artigo muito extenso. Para

mais detalhes sobre as possibilidades deste dispositivo, recomenda-se a leitura do documento [AN332] referenciado no final deste artigo.

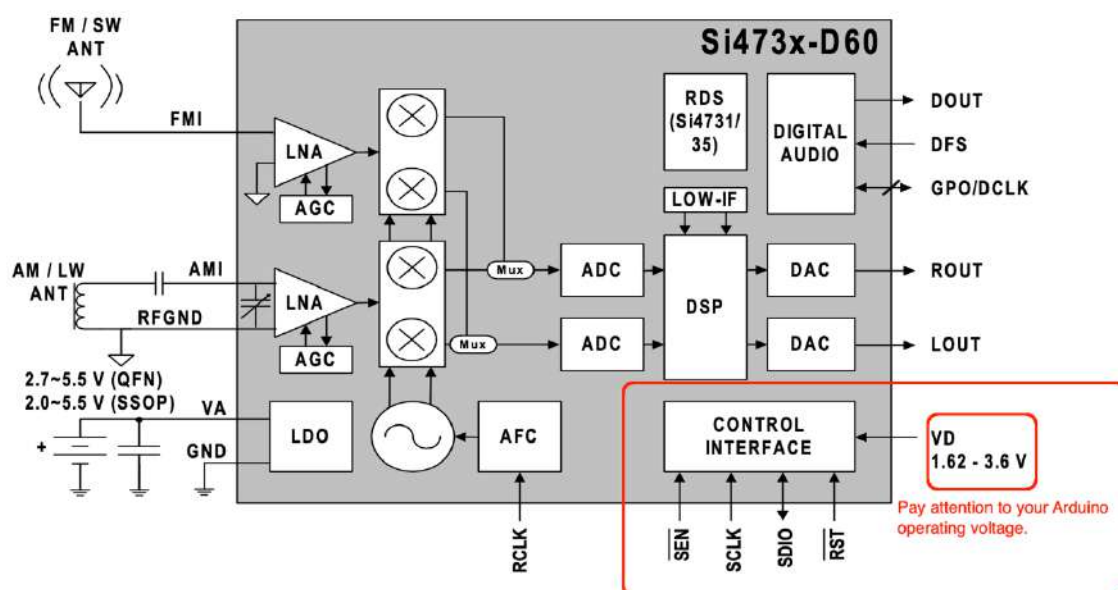
Principais características do Si4735

- FM - 64–108 MHz;
- LW - 153–279 KHz;
- MW - 520–1710 kHz;
- SW - A faixa de Frequência descrita no manual da Silicon Labs é 2.3–26.1 MHz. Na realidade, este CI vai mais longe que isso segundo testes realizados durante o desenvolvimento e experimentos da Biblioteca Arduino utilizada para construção de um rádio baseado neste CI. É possível que o experimentador se surpreenda com a sensibilidade e a qualidade de recepção deste CI em toda a faixa de HF (entre 3 e 30MHz). Contudo, é importante ressaltar que algumas características de recepção não foram avaliadas em frequências superiores às especificadas pelo fabricante. Por exemplo, nos testes efetuados, não foi possível afirmar que sensibilidade deste receptor se comporta da mesma forma quando utilizado fora das faixas especificadas pelo fabricante.;
- Possibilita atualização de Firmware. Isso inclui a possibilidade de ajustes no CI para recepção em SSB e NBFM (Narrow Band FM);
- Busca e Sintonia automática de estações AM e FM;
- Controle Automático de Frequência (Automatic frequency control - AFC);
- Controle Automático de Ganho (Automatic gain control - AGC);
- Sintonia Digital AM/FM/SW/LW;
- RDS/RBDS;
- Comunicação I²C.

O receptor apresentado neste artigo, permite a sintonia de estações em todas as faixas de HF nos modos AM e SSB além das estações locais em AM (MW) e FM. Com este receptor foi possível sintonizar rodadas de radioamadores em 40 metros no modo LSB (Lower Side Band), QSO por voz e CW em contestes nas faixas dos 20, 15 e 10 metros no modo USB. Em AM e USB (Upper Side Band) foi possível também escutar estações na faixa do cidadão. O receptor conta com filtros que permitem separar o sinal de estações adjacentes além de eliminar ruídos indesejáveis. Este recurso também facilita a escuta em CW. Com a ajuda de um computador, é possível também decodificar sinais na modalidade FT8, JT9, JT65, PSK e muito mais.

Diagrama de bloco do Si4735

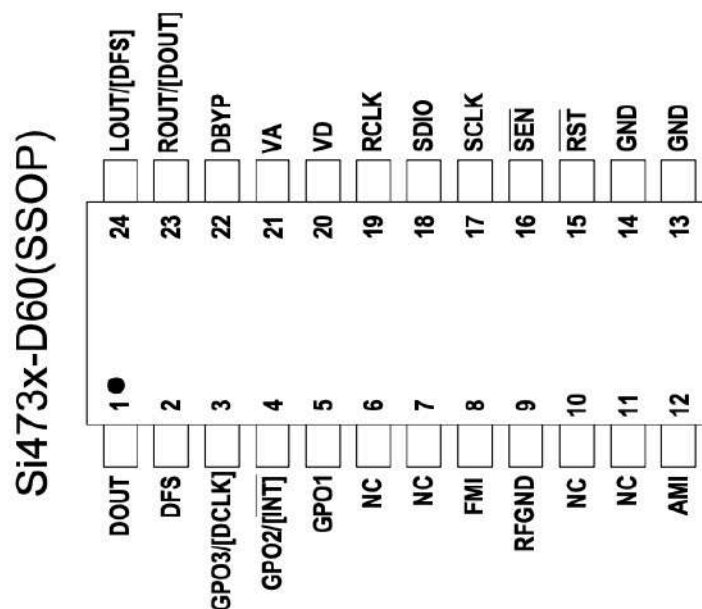
A figura a seguir ilustra o diagrama de bloco funcional do Si4735.



Fonte: Silicon Labs (Si4730/31/34/35-D60 BROADCAST AM/FM/SW/LW RADIO RECEIVER)

Ainda em relação a figura anterior, é importante observar o destaque em vermelho inserido pelo autor deste artigo observando as tensões de trabalho da interface de controle do Si4735. Embora a parte analógica do CI possa ser alimentada com uma tensão de 5V, a interface de controle (onde será conectado o Arduino ou similar) deve obedecer aos limites máximos e mínimos de 1.6 e 3.6V respectivamente. Como será visto mais adiante, o projeto deste artigo alimentou tanto a interface de controle (VD) como os demais componentes analógicos do CI (VA) com uma tensão de 3.3V, já que esta tensão está perfeitamente aderente às duas faixas de tensão estabelecidas no diagrama de bloco. Desta forma, não foi preciso utilizar duas fontes distintas para alimentar o sistema. É provável, no entanto, que utilizar fontes separadas, uma para o subsistema analógico e outro para o subsistema digital do CI resulte em algum benefício em relação a redução de ruídos causados pelo subsistema digital. Contudo, o que pode ser afirmado no experimento deste artigo é que, utilizando somente uma fonte para alimentar tanto a parte analógica como a parte digital, o receptor funcionou de forma satisfatória.

A figura a seguir apresenta a configuração de pinos do Si4735-D60 e será útil para orientar o leitor na montagem do projeto.



Fonte: Silicon Labs (Si4730/31/34/35-D60 BROADCAST AM/FM/SW/LW RADIO RECEIVER)

Plataforma de Desenvolvimento Arduino

Em um contexto mais amplo, o Arduino pode ser entendido como um ambiente de desenvolvimento e prototipação de projetos eletrônicos. Se tornou muito popular devido ao baixo custo de aquisição e a facilidade de uso. Basicamente uma placa Arduino consiste em um microcontrolador com vários terminais de entrada e saída digitais e analógicas. Para facilitar o processo de gravação de programas, em geral, uma placa Arduino conta também com uma interface serial ou USB (Universal Serial Bus) que permite a comunicação com um computador onde deve residir o programa Arduino IDE (editor de código-fonte, compilador e ligador). Atualmente o Ambiente Integrado de Desenvolvimento para Arduino (Arduino IDE) foi muito além do seu objetivo inicial. Com este IDE, é possível programar para inúmeras plataformas de hardware, sendo as mais populares o ATmega328P, Mega2560, ATtiny85, ARM, STM32 e ESP32.

Utilizando Arduino para controlar o Si4735

Conforme dito anteriormente, há vários tipos de arquiteturas de microcontroladores que podem ser utilizadas no Arduino IDE. Este artigo, utilizará a placa Arduino Pro Mini 3.3V (8MHz). Esta placa possui o microcontrolador ATmega328P, opera com uma tensão de 3.3V e com o clock de 8MHz. As principais razões para utilizar esta placa

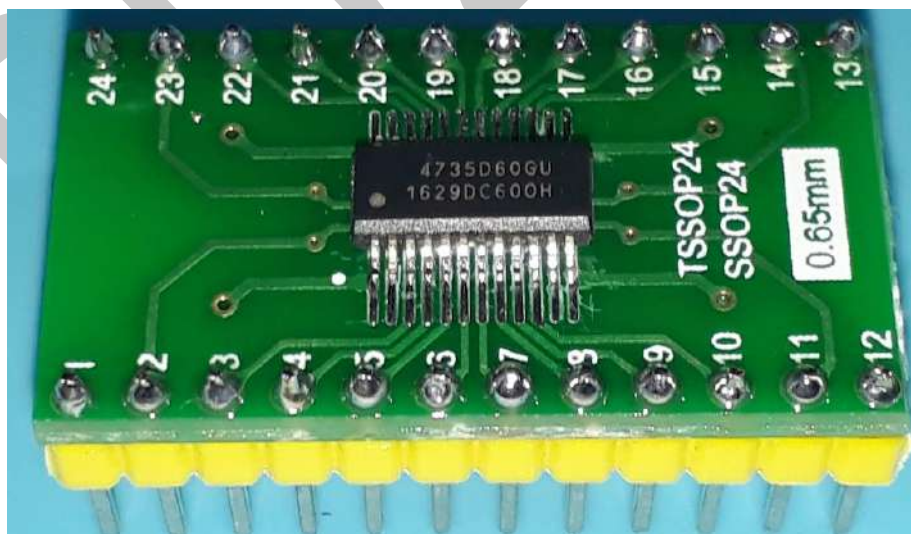
Arduino são: o baixo custo de aquisição, a simplicidade de montagem e a compatibilidade de tensão com o CI Si4735, evitando desta forma, componentes extras para efetuar a conversão de tensão entre os dois dispositivos (Arduino e Si4735).

O leitor mais experiente poderá optar por outro tipo de controlador suportado pelo ambiente de desenvolvimento Arduino. Contudo, terá que ter alguns cuidados quanto à conversão de tensão bem como a disposição de pinos.

Construção do rádio baseado no Si4735

Dado que o Si4735 é basicamente um rádio completo encapsulado em um CI, o número de componentes para a montagem do rádio baseado neste CI é bastante reduzido. Talvez o fator mais crítico para esta montagem seja a soldagem do CI em uma placa de circuito impresso. O projeto ilustrado neste artigo utilizou uma placa adaptadora para SMD que será descrita na lista de materiais mais adiante. Este CI é um SMD com 24 terminais espaçados de 0,65 mm. Fazer a soldagem deste CI em uma placa poderá ser uma tarefa árdua. Se o leitor não tiver experiência com soldagem SMD, é recomendado o estudo de algumas técnicas de soldagem de dispositivos SMD. Há inúmeros vídeos no Youtube apresentando diferentes técnicas que poderão orientar o leitor nesta tarefa. Há também a possibilidade de encontrar este CI já soldado na placa adaptadora em algumas lojas virtuais como o Mercado Livre, eBay e AliExpress.

A figura a seguir ilustra uma imagem ampliada do CI Si4735-D60 soldado em uma placa adaptadora.

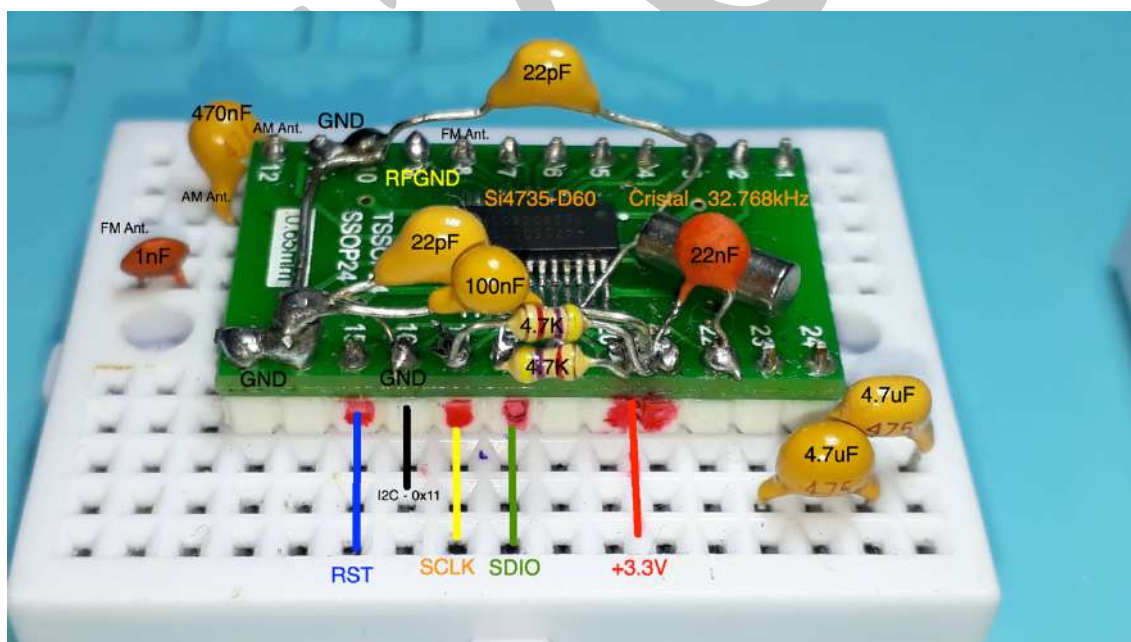


Circuito eletrônico e soldagem dos componentes auxiliares

A principal referência para a montagem do circuito eletrônico foi o documento “Si4730/31/34/35-D60 - BROADCAST AM/FM/SW/LW RADIO RECEIVER” produzido pela Silicon Labs. Este documento é de livre acesso na internet no formato PDF. Recomenda-se fortemente que o leitor baixe este documento para auxiliar em seus projetos envolvendo esta linha de CI.

Na página 19 do documento supracitado encontra-se o circuito eletrônico que serviu de base para este projeto. Além do esquema elétrico, há algumas recomendações que devem ser seguidas para o sucesso do projeto. Estas recomendações serão expostas a seguir.

O autor deste artigo optou por soldar os principais componentes externos na própria placa adaptadora para o Si4735. Fazendo assim, foi possível seguir algumas das principais recomendações do fabricante quanto às conexões curtas entre alguns componentes externos e os pinos do CI. A figura a seguir ilustra a soldagem dos principais componentes externos na placa adaptadora.



Ainda em relação à figura anterior, é importante ressaltar que para este experimento, não houve, por parte do autor, a preocupação em seguir as melhores práticas de projetos de eletrônica. O receptor proposto neste artigo é um protótipo para elaboração de uma prova de conceito. Ainda assim, a performance do receptor pode

surpreender o experimentador. Certamente os projetistas e técnicos mais experientes poderão fazer inúmeras melhorias não consideradas neste projeto.

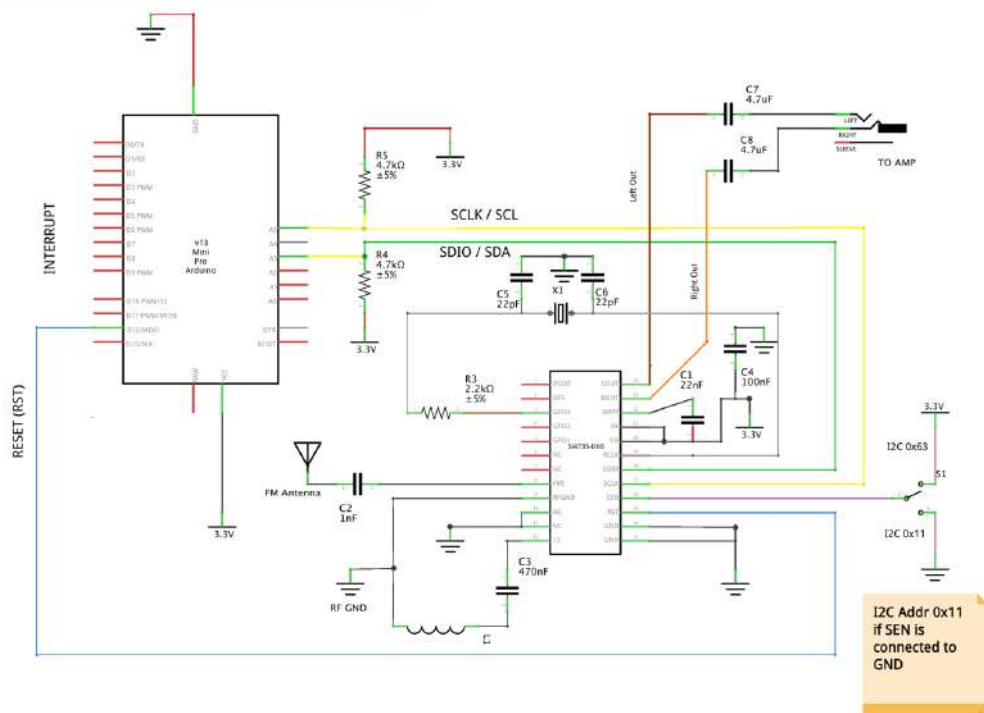
Esquema elétrico do receptor

O esquema a seguir apresenta o circuito proposto pela Silicon Labs (ver Application Schematic; página 19 no documento “Si4730/31/34/35-D60 - BROADCAST AM/FM/SW/LW RADIO RECEIVER”). Em conjunto ao circuito proposto, encontra-se o módulo controlador (Arduino) incluindo pelo autor deste artigo. Também foram adicionados ao circuito proposto, dois resistores “pull-up” ao barramento I²C e dois capacitores na saída de áudio.

Esquema mínimo

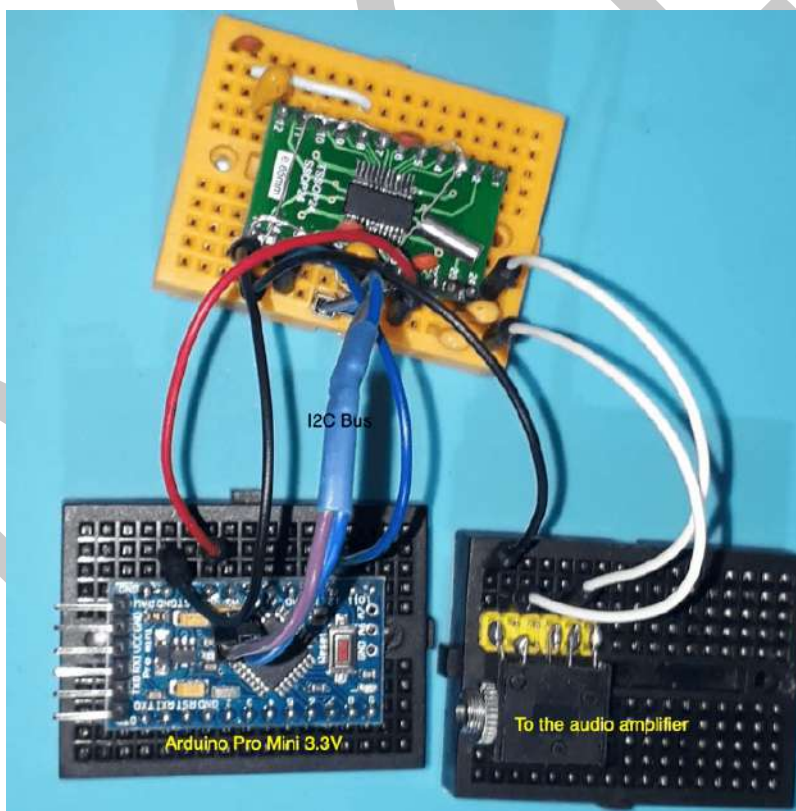
O esquema a seguir corresponde ao rádio mínimo. Nele, não há display, botões ou encoder conectados ao circuito. O objetivo deste esquema mínimo é possibilitar o teste das conexões do Si4735 com o Arduino bem como o programa. Todo o controle do rádio poderá ser feito via o ambiente de programação Arduino IDE (Monitor Serial). Recomenda-se fortemente que os primeiros passos sejam com o circuito mínimo e o sketch Arduino mínimo para garantir o sucesso da montagem bem como as suas evoluções. Esta abordagem parte do princípio que quanto menos componentes, seja de hardware ou de software, o experimentador utilizar, menos componentes precisarão ser analisados em casa de falhas.

Si4735 - Minimal Schematic
Ricardo Lima Caratti - Nov 2019



Ainda em relação à figura anterior, o pino SEN (pino 16 do Si4735) poderá ser ligado ao terra (GND) ou ao +3.3V. No entanto, é importante ressaltar que isso mudará o endereço do barramento I²C. Preferivelmente, coloque este pino conectado ao terra (a biblioteca Arduino que será usada neste experimento, utiliza esta configuração como padrão). Em relação às entradas de sinal de RF para FM e AM (LW, MW e SW), considere as recomendações do documento “Si47XX ANTENNA, SCHEMATIC, LAYOUT, AND DESIGN GUIDELINES”. Para elaboração de teste em SW nos modos AM e SSB, foi utilizado com resultados satisfatórios, simplesmente um capacitor de 470nF na entrada AMI (pino 12). Embora não utilizado no experimento deste artigo, um circuito de proteção nas entradas de RF (ESD DIODE) é uma recomendação do fabricante que não pode ser descartada em uma versão aprimorada do protótipo utilizado aqui.

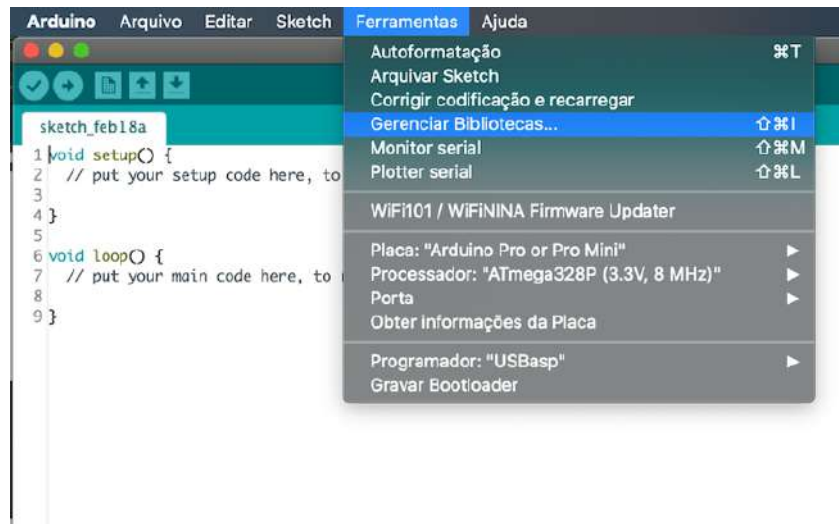
A figura a seguir apresenta o Si4735 conectado ao Arduino conforme o esquema apresentado anteriormente.



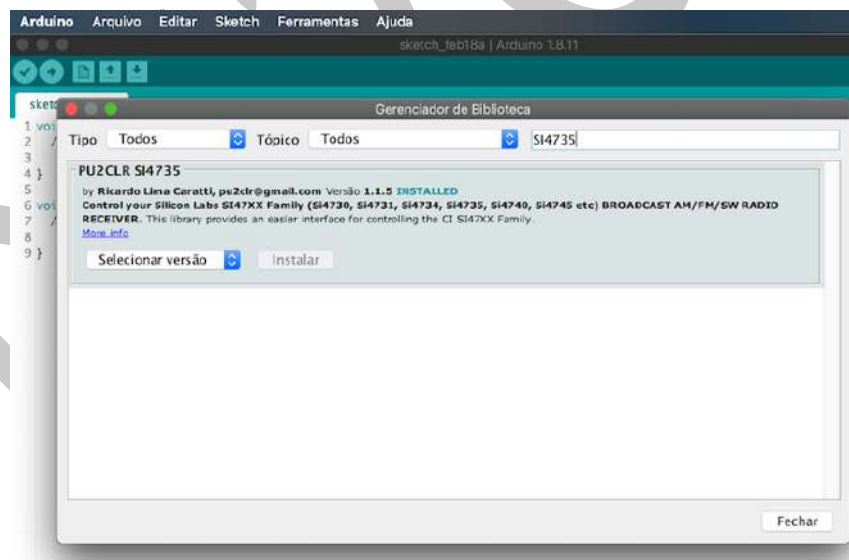
Note na figura anterior que a própria placa Arduino alimenta o circuito do Si4735. Para deixar o rádio operacional, utilize um fone de ouvido ou uma caixa de som amplificada.

Concluída esta etapa, já é possível fazer as primeiras escutas no rádio. Para tanto, baixe a biblioteca Arduino para Si4735 utilizando a própria plataforma do Arduino IDE.

Execute o programa Arduino IDE em seu computador. No menu “**Ferramentas**”, selecione “**Gerenciar Biblioteca...**”. A figura a seguir ilustra esta ação.



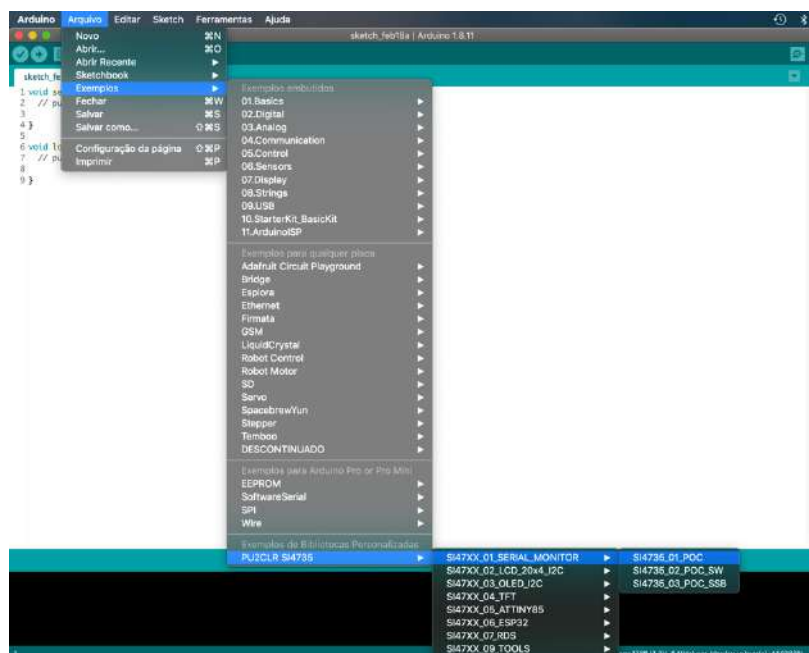
Uma vez selecionada a ação “**Gerenciar Biblioteca**”, uma tela será apresentada solicitando o nome da biblioteca que se pretende inserir. Neste caso, o objetivo é a instalação da biblioteca “**PU2CLR SI4735**”. Proceda como apresentado na figura a seguir.



Ainda em relação à figura anterior, observe que o campo à direita foi preenchido pelo usuário com o texto “**SI4735**”. Após este preenchimento, será mostrado a biblioteca “**PU2CLR SI4735**”. Clique no botão instalar.

Após esta ação, clique no botão fechar e execute o sketch exemplo mínimo que vem junto com a biblioteca. Para tanto, proceda como mostrado a seguir.

No menu **Arquivos**, selecione o item **Exemplos** -> **PU2CLR SI4735** -> **SI47XX_01_SERIAL_MONITOR** -> **SI4735_01_POC**. A figura a seguir ilustra esta ação.



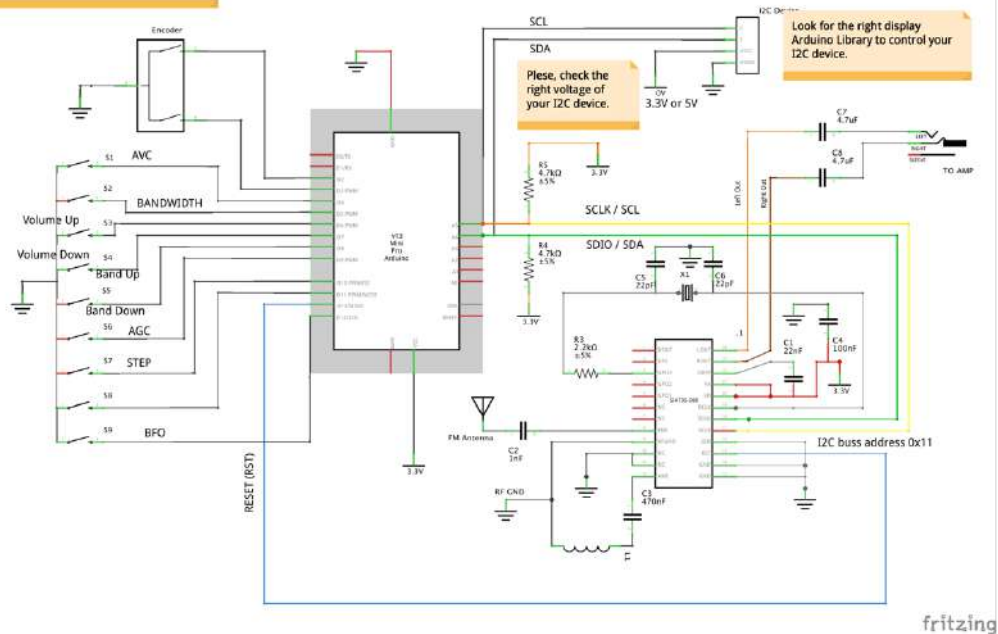
Ainda em relação a figura anterior, note também que a biblioteca “**PU2CLR SI4735**” possui vários exemplos. Muito deles poderão ser experimentados no projeto deste artigo. Para mais detalhes sobre a biblioteca Arduino “**PU2CLR SI4735**” bem como os exemplos, consulte o link <https://github.com/pu2clr/SI4735>.

Por fim, observe as configurações da placa Arduino que você está utilizando dentro de seu IDE e baixe o sketch **SI4735_01_POC**. Neste ponto, o leitor poderá fazer testes de escutas utilizando o Monitor Serial do Arduino IDE. **ATENÇÃO:** para fazer escutas em LW, MW ou SW nesta configuração, não utilize o computador ligado à rede elétrica. Utilize um Notebook ligado somente na bateria. Caso contrário, dependendo da qualidade da fonte ligada à rede elétrica, esta abordagem poderá prejudicar por completo a escuta em LW, MW e SW.

Esquema completo

Uma vez obtido sucesso na etapa anterior, é possível agora finalizar o projeto do rádio. O esquema a seguir inclui ao circuito mínimo, o display, botões e o encoder. Com isso, o receptor poderá ser utilizado independente do computador.

Si4735 with I2C OLED or I2C LCD 20x4
This circuit uses Arduino internal pullup resource
Ricardo Lima Caratti - Dec 2019



Em relação aos capacitores na saída de áudio, embora não apresentado no circuito básico da Silicon Labs, são necessários porque alguns amplificadores de áudio ou fones de ouvido poderão não funcionar nesta configuração. Isso porque há uma componente de corrente contínua nesta saída que precisa ser eliminada. Para isso, usa-se dois capacitores que podem ser eletrolíticos ou cerâmicos. Valores entre 4.7uF e 10uF funcionarão de forma satisfatória.

Considere utilizar algumas configurações de antenas e front-ends recomendado pela Silicon Labs no documento "Si47XX ANTENNA, SCHEMATIC, LAYOUT, AND DESIGN GUIDELINES". Este documento aborda vários aspectos sobre a utilização de diferentes tipos de antenas para as tradicionais estações comerciais que transmitem em FM bem como configurações para Ondas Médias e Ondas Curtas.

Lista de Componentes

A tabela a seguir apresenta a lista de componentes utilizados para construir o protótipo do rádio baseado no SI4735. Observe os componentes adicionados ao circuito original proposto pela Silicon Labs.

Componente	Descrição
C1	Capacitor de cerâmica de 22nF - Coloque este capacitor o mais próximo possível do pino 21 (VA) do Si4735
C2	Capacitor de cerâmica de 1nF
C3	Capacitor de cerâmica de 470nF
C4	Capacitor de cerâmica de 100nF
C5 e C6	Capacitor de cerâmica de 22pF (Crystal load capacitors)
C7 e C8 (*1)	Capacitor eletrolítico de 10uF.
R3	2.2K (proposto no circuito da Silicon Labs e não utilizado neste projeto).
R4 e R5 (*2)	Resistor de ¼ ou 1/8 entre 2.2K e 10K [^2].
L1	Ferrite loop stick (about 500 µH)
X1	32.768 kHz crystal
SI4735	CI CMOS que implementa um rádio AM(LW, MW and SW)/FM
OLED	0,96" / I²C
Placa Adaptadora para o SI4735-D60	O SOP SOIC SSOP TSSOP 24 Pin to DIP 24 Adapter PCB Board Converter
Arduino	Arduino Pro Mini 3.3V (8MHz)

***1 - Capacitores de cerâmica ou eletrolítico e com valores entre 4,7uF e 10uF funcionarão satisfatoriamente;**

***2 - Dispositivos OLED, em geral, já vem com resistores de pull-up conectados ao barramento I²C . De forma análoga conversores de nível tensão, caso utilize, também podem incorporar esses resistores de pull-up no barramento I²C . Por esta razão, pode ser um pouco complicado definir um valor ideal de início. Recomendo iniciar com um valor alto, por exemplo, 10K. Depois tente um resistor de 4,7K e em seguida experimente um de 3,2K. Caso todas as configurações funcionem, utilize a opção com menor valor.**

Desenvolvimento do programa para controlar o Si4735

A melhor forma para desenvolver um programa Arduino para controlar o Si4735 é partir dos exemplos disponíveis na biblioteca. No momento em que este artigo estava sendo escrito, a biblioteca “PU2CLR Si4735” já contava com mais de 20 exemplos de receptores baseados no Si4730 e Si4735. Nesta lista de exemplos você encontrará desde receptores simples AM e FM até rádios mais completos capazes de operar em LW, MW e SW nos modos AM e SSB. Além disso você encontrará exemplos que podem ser executados em microcontroladores como: ATtiny85; Atmega 32U4; Mega2560; AT91SAM3X8E (Arduino DUE); ESP WEMOS LOLIN32; e ESP32 Dev Module.

Considerando que o leitor utilizou o tradicional OLED 0.9”, poderá ser executado os exemplos contidos na pasta SI47XX_03_OLED_I2C. Nesta pasta há dois sketches: O sketch SI47XX_01_OLED_I2C, que implementa um rádio simples; e o sketch SI4735_02_ALL_IN_ONE_OLED que implementa um rádio completo incluindo a função SSB, permitindo, com este recurso, escutar também estações operadas por radioamadores.

É importante destacar que a biblioteca Arduino utilizada neste artigo implementa mais de 100 funções disponíveis no CI Si4735. Com ela, é possível incorporar ao receptor, filtros de largura de banda, busca automática de estação, atenuações, captura de informações em tempo real sobre o nível e a qualidade do sinal, gerenciar a amplitude do sinal da saída de áudio e muito mais. A documentação das funções desta biblioteca está disponível no link <https://github.com/pu2clr/SI4735#api-documentation>.

Dicas de montagem e testes

- Utilize baterias ou pilhas no lugar de uma fonte de alimentação ligada à rede elétrica. Recepções em LW, MW e SW podem ficar totalmente prejudicadas;
- Siga as recomendações da Silicon Labs;
- Utilize as conexões dos principais componentes conectados ao CI (Si4735) a mais curtas possíveis;
- Inicie construindo o circuito mínimo. Isto é, não incorpore dispositivos adicionais sem antes se certificar que o circuito mínimo esteja funcionando;
- Certifique-se que o pino RESET (15 – RST) esteja conectado corretamente ao Arduino (neste projeto o pino do Arduino selecionado é o 12);
- Verifique se os pinos do Si4735 SDIO (18) e SCLK(17) estão conectados nos pinos do Arduino Pro Mini A4 e A5 respectivamente.
- Use um sketch (programa) mínimo para testar o seu circuito. A biblioteca Arduino para o Si4735 possui três exemplos mínimos que podem ser utilizados para este fim. Verifique o link https://github.com/pu2clr/SI4735/tree/master/examples/SI47XX_01_SERIAL_MONITOR.

- Evite improvisos ou práticas não recomendadas para conectar o Si4735 ao Arduino. Respeite a tensão de operação do Si4735 e utilize as boas práticas de conversão de tensão caso utilize um Arduino que opere com tensão diferente de 3.3V;
- O Si4735 pode operar com um clock de 400KHz no barramento I²C. No entanto, é possível que alguns dispositivos OLED ou outro dispositivo I²C trabalhem com o limite de 100KHz ou inferior. Evite elevar o clock do barramento I²C acima de 100KHz se você não estiver seguro da frequência máxima de operação do seu dispositivo;
- Usar níveis de tensões diferente entre os dispositivos I²C pode causar instabilidade no sistema e até danificá-los;
- É importante conectar todos os dispositivos I²C ao terra comum;
- Se você estiver utilizando a placa Arduino Pro Mini, UNO ou outro similar, é importante ter em mente que este pino está conectado a um circuito com LED e resistor na própria placa. Esta configuração em alguns casos poderá atrapalhar a utilização do recurso de pull-up interno utilizado para os comandos via botão. Se isto ocorrer em sua montagem, modifique a configuração deste pino para utilizar pull-up externo.
- Considere utilizar algumas configurações de antenas e front-ends recomendado pela Silicon Labs no documento “Si47XX ANTENNA, SCHEMATIC, LAYOUT, AND DESIGN GUIDELINES”;

Considerações finais

A família de CI Si4735 oferece inúmeras possibilidades de configurações para a construção de um bom receptor. Com algum conhecimento em eletrônica e programação, é possível com este CI, construir um receptor com o nível de qualidade muito próximo aos receptores comerciais. A biblioteca Arduino, especialmente desenvolvida para esta família de CI, possibilitará ao experimentador ou ao projetista, mais facilidade de programação, mais produtividade na execução do projeto e mais robustez no produto final. Mais detalhes sobre a construção do receptor e a utilização da biblioteca poderão ser encontrado neste link: <https://github.com/pu2clr/SI4735>. Há também um grupo no Facebook chamado “**Si47XX para radioescutas**” cujo objetivo é a troca de experiências em relação a essa família de CI da Silicon Labs. Este grupo poderá também ajudar o leitor na montagem de um receptor baseado nesta família de CI.

Referências

ARRL; The ARRL Handbook for Radio Communications; H. Ward Silver, NØAX; Newington, CT 06111 USA; 2015.

Caratti, Ricardo Lima; Si4735 Library for Arduino; Github;
<https://github.com/pu2clr/SI4735>

Silicon Labs; BROADCAST AM/FM/SW/LW RADIO RECEIVER;
<https://www.silabs.com/documents/public/data-sheets/SI4730-31-34-35-D60.pdf>

AN332; SI47XX PROGRAMMING GUIDE; Silicon Labs;
<https://www.silabs.com/documents/public/application-notes/AN332.pdf>

AN383; SI47XX ANTENNA, SCHEMATIC, LAYOUT, AND DESIGN GUIDELINES; Silicon Labs
<https://www.silabs.com/documents/public/application-notes/AN383.pdf>

Arduino.cc; Installing Additional Arduino Libraries;
<https://www.arduino.cc/en/Guide/Libraries#toc3>

Vídeos recomendados

Dicas para iniciar um projeto de rádio baseado no SI47XX da Silicon Labs;
<https://youtu.be/YwjrI1NZWbg>

Biblioteca Arduino para Si4735; <https://youtu.be/yxS4qjpuOrU>