

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC  
CENTRO TECNOLÓGICO - CTC  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA - EEL  
EEL7319 - CIRCUITOS RF

Si4708-09

GUSTAVO SIMAS DA SILVA

FLORIANÓPOLIS  
DEZEMBRO, 2020

“O desejo profundo da humanidade pelo conhecimento é justificativa suficiente para nossa busca contínua”

Stephen Hawking

# Sumário

<b>Sumário</b>	<b>3</b>
<b>Introdução</b>	<b>4</b>
<b>Blocos Construtivos</b>	<b>5</b>
<b>Considerações Finais</b>	<b>7</b>
<b>Referências</b>	<b>8</b>

# Introdução

O Si4708/09 é o menor receptor de broadcast FM disponível no mercado<sup>1</sup>, integrando uma função completa de ajuste da entrada/antena à saída do áudio estéreo com Sistema de Dados de Rádio (Radio Data System - RDS<sup>2</sup>) [4].

Assim como outros circuitos integrados (CI) de recepção FM apresenta blocos típicos como estágio de entrada RF, mixer, oscilador, VCO, estágio de frequência intermediária (IF), demodulador e estágio de saída (amplificadores de potência). Tal trabalho visa, em especial, estabelecer uma análise comparativa entre o Si4708/09 (Silicon Labs) [4] e o TDA7000 (Philips) [5].

---

<sup>1</sup> Até dezembro de 2020

<sup>2</sup> RDS - padrão europeu, e RBDS (Radio Broadcast Data System) padrão norte-americano

## Blocos Construtivos

Assim como o TDA7000 da Philips [5], o Si4708 apresenta blocos de entrada RF, LNA, mixer, oscilador local, demodulação e amplificadores de potência à saída. O Si4708 apresenta em sua folha de dados do fabricante Silicon Labs frequência de suporte FM iniciando em 76 MHz, o que representa a faixa estendida do FM.

A faixa de frequências iniciando em 76 MHz (até cerca de 88 MHz) se insere na região de VHF (Very High Frequency) que é destinada à migração de emissoras AM para o FM, o que, embora possa reduzir alcance devido atenuação em maiores frequências para uma dada potência de transmissão, garante melhor qualidade em áudio pela maior faixa de representação no espectro de frequências, já que no AM se limita em aproximadamente 5 kHz, muito abaixo do limiar da audição humana, 20 kHz. Além disso sintonia por parte dos receptores/ouvintes, mesmo sendo simplificada ao se exigir apenas componentes passivos e um transistor bipolar de junção (Bipolar Junction Transistor - BJT), por exemplo, está mais sujeita a ruídos e estática do que o FM, possuindo, em geral, projetos de filtros menos complexos ou eficientes.

A Figura 1 apresenta o diagrama de blocos funcional do Si4708/09.

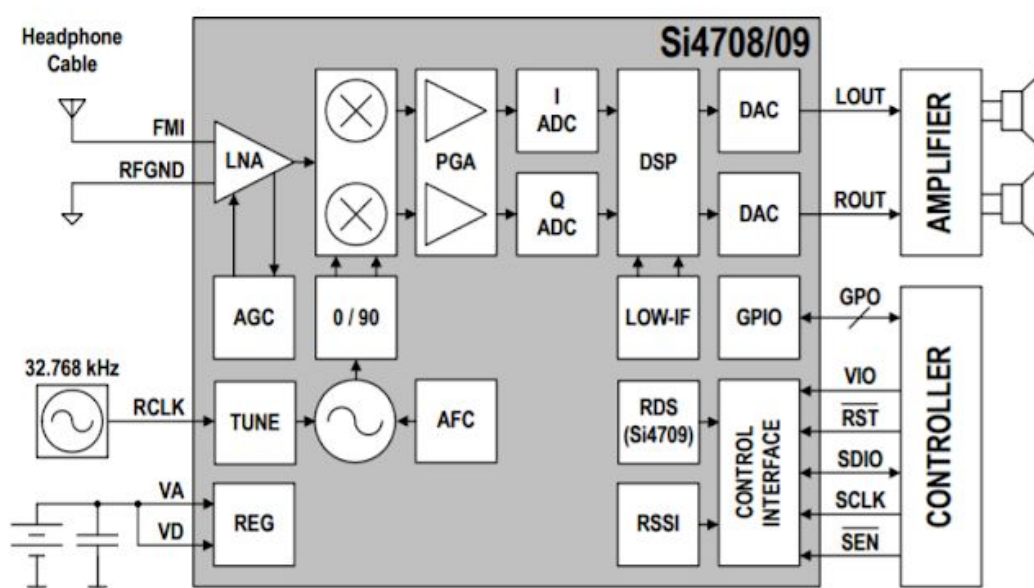
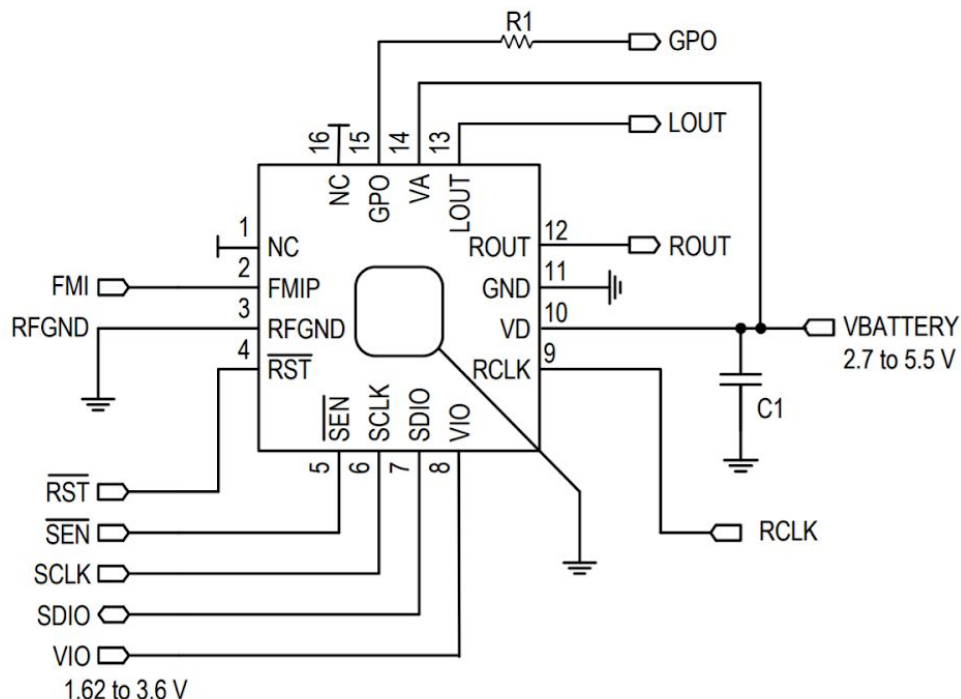


Figura 1 - Diagrama de Blocos Funcional Si4708/09

O LNA apresenta controle automático de ganho (Automatic Gain Control - AGC) e controle de modos em face da relação sinal-ruído apresentada; com baixa SNR (valor não informado pelo fabricante) é comutado do modo de corrente padrão (típica em 16,4 mA) para maior corrente (18,2 tipicamente neste modo); isto aprimora sensibilidade do receptor em condições de sinais fracos à entrada. Recomenda-se posicionar o Si4708 mais próximo possível do conector da antena de modo a se evitar interferências de RF e modulação ao longo da condução no caminho (FMI).

A sensibilidade, com uma rede de adaptação de impedância à entrada para  $50\Omega$ , se dá tipicamente em  $1,1\mu\text{V}$ , o que é melhor em relação ao TDA7000, o qual apresenta sensibilidade  $1,5\mu\text{V}$  (para  $75\Omega$ ). O Si4708 possui regulador de tensão interna, permitindo uma alimentação segura (em conjunto com um capacitor C1 externo) mesmo em face de variação de tensão provida pela fonte/bateria (suporte entre 2,7 a 5,5 V), algo que TDA não apresenta, necessitando de reguladores externos, como um LM7805. O capacitor de bypass C1 externo é recomendado em valor 22 nF, tolerância  $\pm 20\%$ , fabricante Murata, *part number* Z5U ou X7R. Na lista de materiais sugerida [4], inclui-se resistor 1 k $\Omega$  do fabricante Venkel para o pino 15 de saída de propósitos gerais (General Purpose Output - GPO), de forma a se limitar corrente neste pino digital.



**Figura 2 - Esquemático de aplicação típica Si4708/09**

Quanto ao oscilador local e ao sistema oscilador controlado por frequência (Voltage Controlled Oscillator - VCO), o CI necessita de *clock* externo de 32.768 kHz precisamente (obtido por meio de cristal piezoelétrico), durante todo o tempo em que o sistema estiver ativo (bit ENABLE em alto)<sup>3</sup>.

A conversão analógica-digital (ADC) é realizada por modos de sinal em fase (I) e quadratura (Q). A arquitetura digital com baixo valor de frequência intermediária (Intermediary Frequency - IF, valor não informado pelo fabricante) é utilizada de modo a se evitar uso de componentes externos e processamento tradicional analógico.

Outro ponto de destaque e vantagem quanto ao TDA7000 são as opções de controle no bloco digital (Control Interface), com opções de *reset*, *powerup*, *powerdown*, entre outras funções. Salienta-se que o *powerdown* é um modo disponível para reduzir consumo do dispositivo enquanto está ocioso/*idle*. Assim, enquanto o TDA7000 possui formas “analógicas” de controle de algumas funções, como o *mute* a partir de retirada ou acréscimo de capacitor em determinado pino, o Si4708 apresenta registradores com bits “setáveis” ou “resetáveis” para ajuste destas operações.

Observa-se, no entanto, que com o uso de uma parte digital composta por flip-flops e outros elementos lógicos surgem certos “problemas digitais” que merecem atenção, como tempo de propagação, capacitâncias e resistências intrínsecas CMOS.

O Si4708/09 apresenta demodulação de sinal de áudio estéreo (2 canais saída) multiplexado (padrão MPX); uma vantagem em relação ao TDA que apenas apresenta suporte a áudio mono. O *Application Note AN350* [7] do fabricante Silicon Labs apresenta recomendações relevantes aos projetistas usuários, principalmente quanto à antena e elementos externos.

---

<sup>3</sup> Sinais de controle são externos ao CI e cabem ao projetista manipulá-los, sugerem-se *Application Notes* e *Programming Guides* do fabricante [8]

## Considerações Finais

Verifica-se que o Si4708/09 é um receptor com variados blocos construtivos característicos de um receptor super-heteródino e, também, de reduzido tamanho. Atualmente (dezembro de 2020) se destaca como menor CI receptor FM disponível no mercado, tendo área 6,25 mm<sup>2</sup>. Em bloco DSP utiliza de tecnologia CMOS, oferecendo, como verificado, suporte à faixa FM estendida (a partir dos 76MHz).

Em termos financeiros, quando em comparação ao TDA7000, apresenta metade do valor, em média [6], ou seja, US\$3,00 (em comparação aos US\$6,00 do CI TDA considerado *vintage* atualmente). Quanto ao encapsulamento, a montagem em superfície (SMD/QFN<sup>4</sup>) proporciona melhor integração a sistemas embarcados e dispositivos portáteis de pequeno porte do que em relação ao encapsulamento DIP.

Sendo assim, o Si4708/09 apresenta suporte do fabricante com distintos materiais sobre usos, *guidelines*, *application notes*, entre outros recursos para projetistas. É apropriado para MP3 *players*, rádios portáteis, notebooks, entre outros dispositivos móveis que exigem recepção de rádio FM contemporânea a baixo custo.

---

<sup>4</sup> Surface Mount Device / Quad Flat No Leads - dispositivo montado em superfície sem terminais projetados para a parte externa de dispositivos como QFP - Quad Flat Package.



# Referências

[1] Notas de Aula EEL7319 - Circuitos RF

[2] STEER, Michael. **MICROWAVE AND RF DESIGN NETWORKS Vol. 4.** NC State University, 2019

[3] STEER, Michael. **MICROWAVE AND RF DESIGN NETWORKS Vol. 5.** NC State University, 2019

[4] SILICON LABS. **Si4708/09.** Disponível em: <https://www.silabs.com/documents/public/data-sheets/si4708-09-C.pdf>. Acesso em 07 dez 2020.

[5] PHILIPS. **TDA7000 Datasheet.** Disponível em: <https://www.changpuak.ch/electronics/dhe/TDA7000.pdf>. Acesso em 30 nov 2020.

[6] DIGIKEY. **Si4708.** Disponível em: <https://www.digikey.com/en/products/detail/silicon-labs/SI4708-C-GMR/9991323>. Acesso em 08 dez 2020.

[7] SILICON LABS. **Si4708/09 ANTENNA, SCHEMATIC, LAYOUT, AND DESIGN GUIDELINES.** Disponível em: <https://www.silabs.com/documents/public/application-notes/AN350.pdf>. Acesso em 08 dez 2020.

[8] SILICON LABS. **Si4708/09 Tiny FM Radio Receivers.** Disponível em: <https://www.silabs.com/audio-and-radio/fm-radios/si4708-09-radio-receivers/devi ce.si4708>. Acesso em 08 dez 2020.