

# Projeto de Circuitos *Wireless*

PDT & I – TI e Instituto do Milênio

**Coordenador: Prof. Wilhelmus Van Noije**  
**Apresentação: Dr. João Navarro**  
**(LSI-PSI/EPUSP)**

*Apoio CNPq e FAPESP*



# I. Introdução

**Circuitos Wireless:** transmissão de dados via RF (radio frequência). O número de aplicações tem crescido bastante nos últimos anos:

- celulares;
- redes locais de computadores;
- redes domésticas;
- sistemas pessoais de segurança.

O grupo de projeto tem atuado na área de Circuitos RF na tecnologia CMOS



# Conteúdo da Apresentação

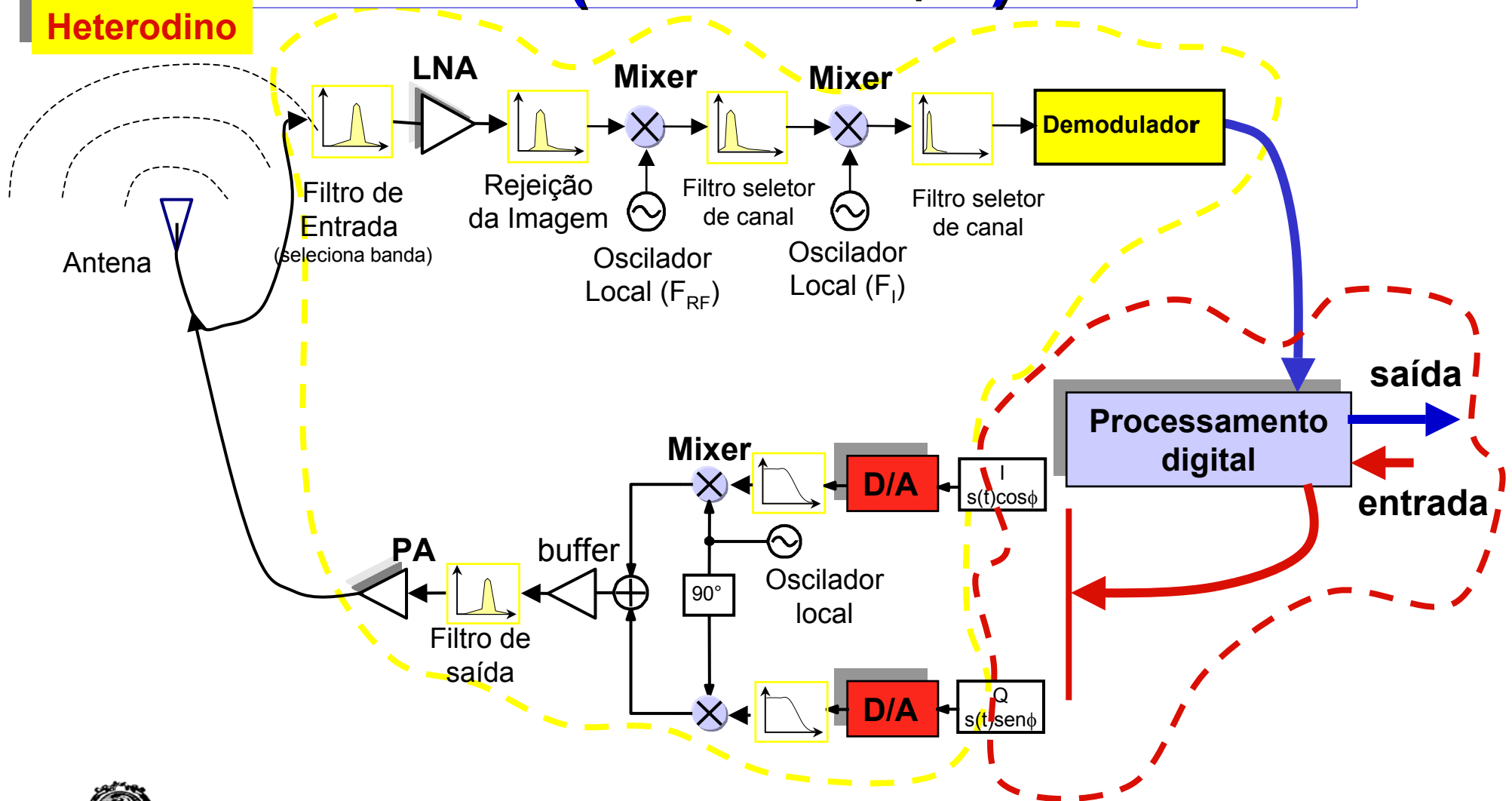
- **I. Introdução**
- II. Circuitos Transceptores
- III. Objetivos
- IV. Blocos Importantes
- V. Atividades Desenvolvidas
- VI. Conclusão



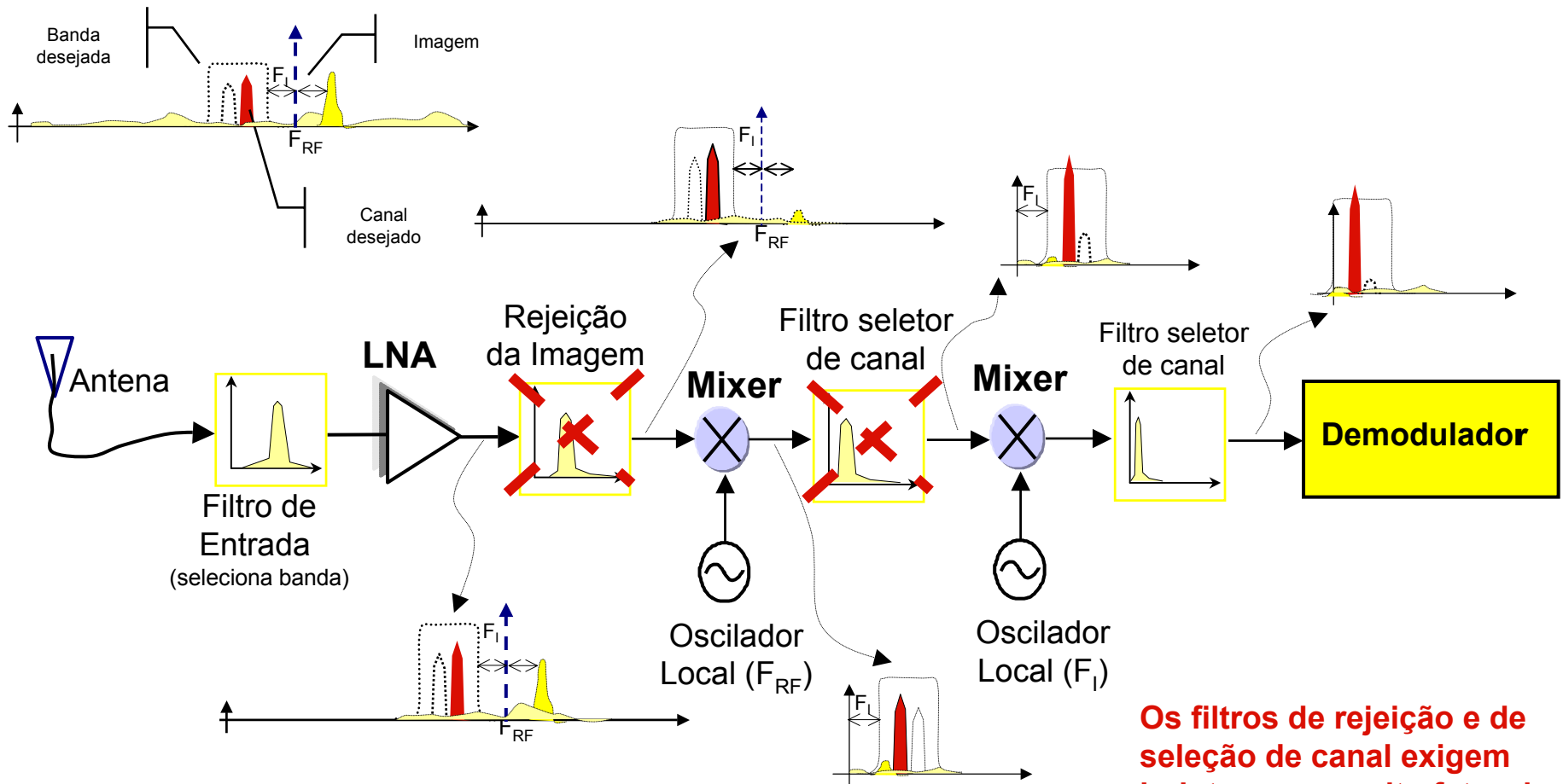
# II. Circuitos Transceptores

(transmissor/receptor)

Heterodino



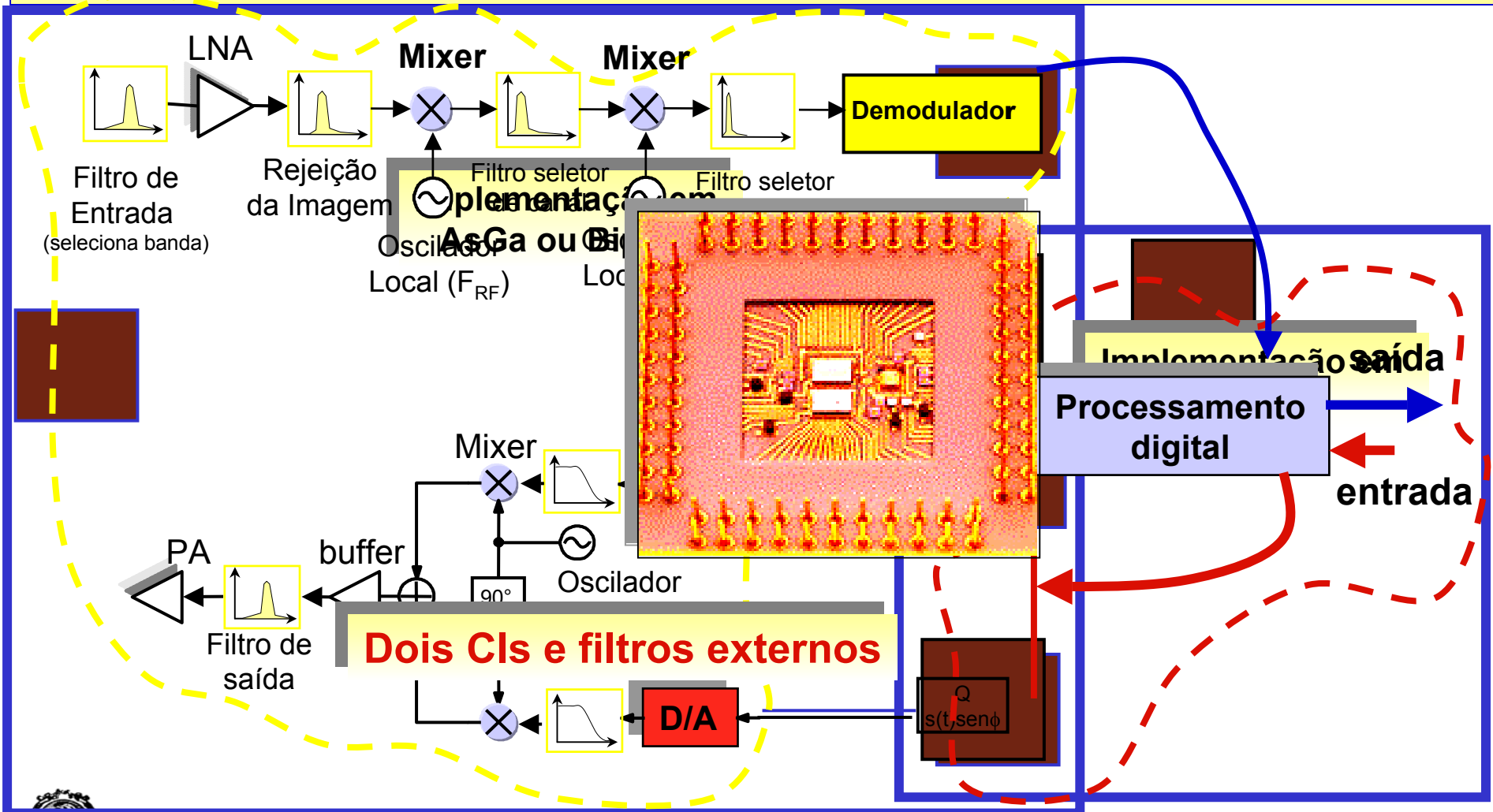
# Detalhes do receptor Heterodino



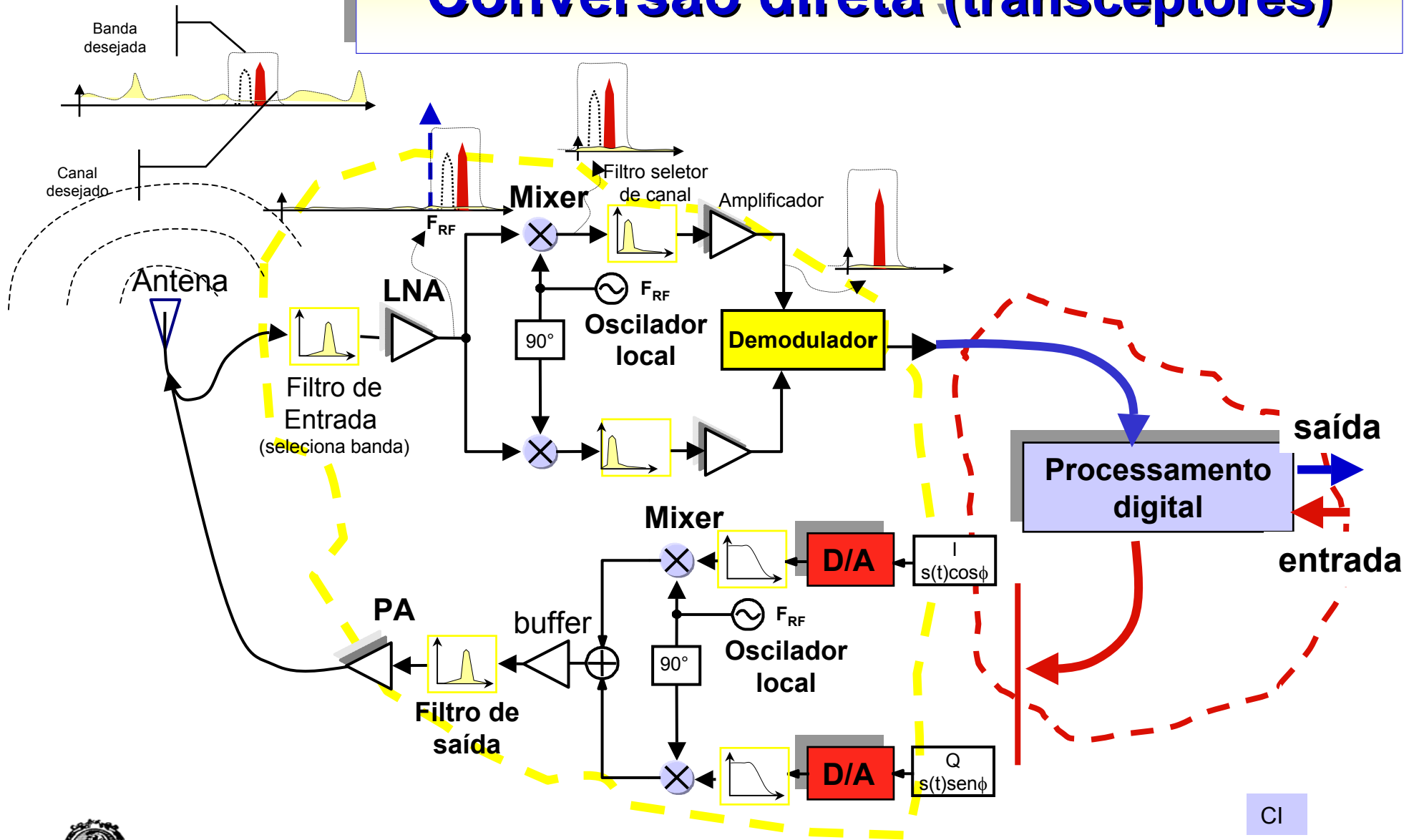
Os filtros de rejeição e de seleção de canal exigem indutores com alto fator de qualidade. Normalmente são externos.



- A implementação de circuitos transceptores tem sido feita com tecnologias de Arseneto de Gálio ou Bipolar.
- os transistores nestas tecnologias têm a frequência de corte maior facilitando o uso.



# Conversão direta (transceptores)



# Tecnologias CMOS

Hoje: **mais que 75%** dos circuitos semicondutores são fabricados com CMOS.

## CMOS-vantagens

- ◆ menor custo (???)
- ◆ maior nível de integração
- ◆ menor consumo de potência.

## FUTURO (CMOS)?

extrapolações feitas no *National Roadmap for Semiconductors* (NTRS) produzido pelo SIA,

## NTRS2001:

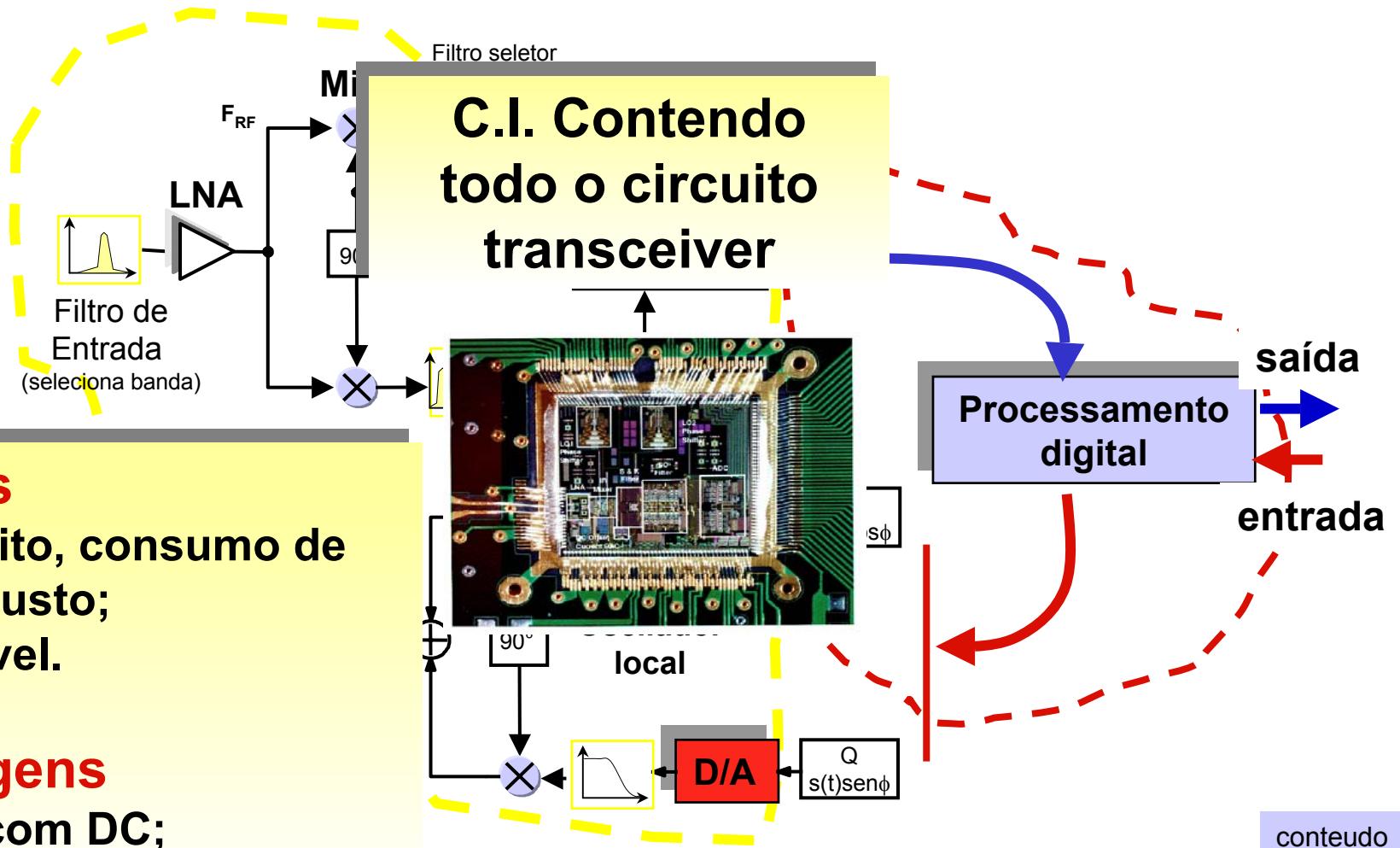




Ano do início de produção	2001	2003	2005	2007	2010	2013	2016
linhas densas (DRAM <i>half pitch</i> ) (nm)	130	100	80	65	45	32	22
linhas isoladas ( <i>gates</i> de microprocessador (L)) (nm)	90	65	45	35	25	18	13
área do <i>chip</i> (mm <sup>2</sup> ) DRAM	127	118	147	183	181	239	238
Funções por <i>chip</i> DRAM(Gbits)	0,54	1,07	2,15	4,29	8,59	34,36	68,72
área do <i>chip</i> (mm <sup>2</sup> ) microprocessador	140	140	140	140	140	140	140
Funções por <i>chip</i> processador (Mtransistores)	69	109	174	276	773	1546	3092
<i>Total de packge Pins/Balls</i> (ASIC <i>alta performance</i> )	1700	2057	2489	3012	4009	5335	7100
freqüência <i>on-chip-local</i> ( <i>alta performance</i> ) (MHz)	1684	3088	5173	6740	11500	19300	28750
Max. número de níveis de metal	7	8	8-9	9	9-10	9-10	10
número mínimo de máscaras	25	25	25	27	27	29	29
V <sub>DD</sub> para lógica (V)	1,1-1,2	1,0-1,1	0,9-1,0	0,7-0,9	0,6-0,8	0,5-0,7	0,4-0,6
dissipação de potência ( <i>alta performance</i> ) (W)	130	150	170	190	218	251	288
dissipação de potência (equipamentos c/ bateria) (W)	2,4	2,8	3,2	3,5	3,0	3,0	3,0



# Conversão direta + CMOS



## Vantagens

menor circuito, consumo de potência e custo; mais confiável.

## Desvantagens

problemas com DC; maior dificuldade para projeto.



### **III. Objetivos: implementação de circuitos transceptores completos em CMOS**

- Estudo de topologias existentes para transceptores;
- Estudo e implementação dos blocos básicos: LNA, PA, *mixer*, osciladores, filtros, etc.;
- Integração de transceptores completos
  - Escolha de aplicações;
  - Uso de topologias simples para evitar conversores e necessidade de processamento digital intensivo.
- Uso de tecnologia CMOS 0,35 $\mu$ m e frequência de 2,4 GHz.



## IV. Blocos Importantes

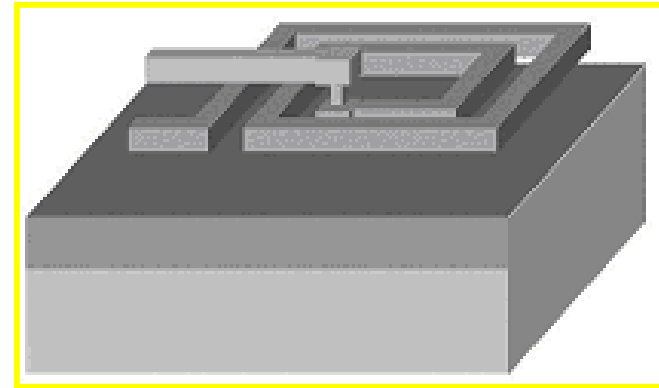
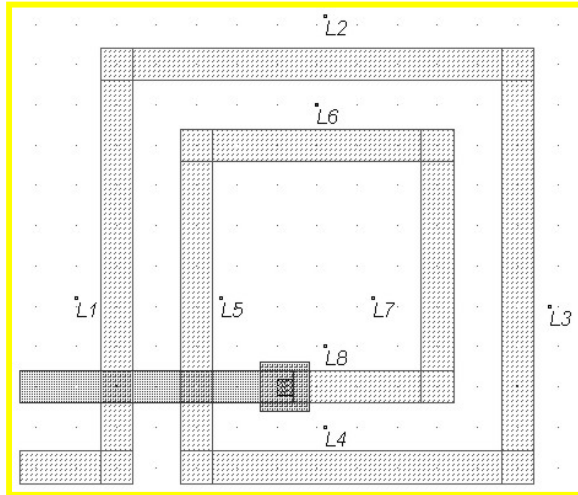
1. Indutores – são necessários para a construção de filtros de alta frequência. Também são usados para casamento de impedância e como carga pois não adicionam ruído.

### Tecnologias CMOS convencionais

- são desenvolvidas para implementar de modo eficiente transistores;
- permitem a fabricação de resistores e capacitores com nenhuma ou poucas modificações;
- os indutores possíveis apresentam baixo fator de qualidade (Q em torno de 5).

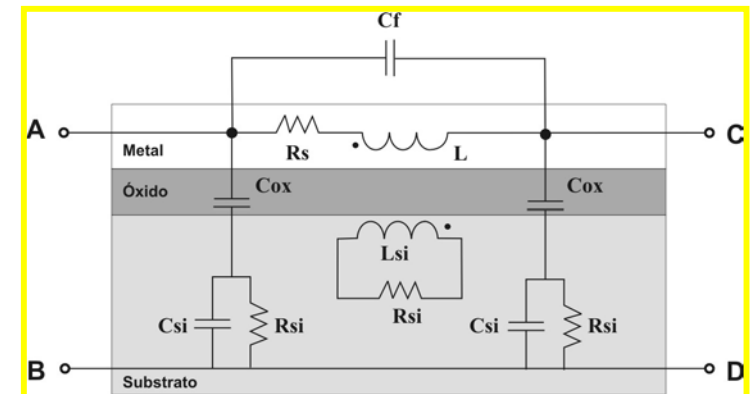


# Implementação de indutores



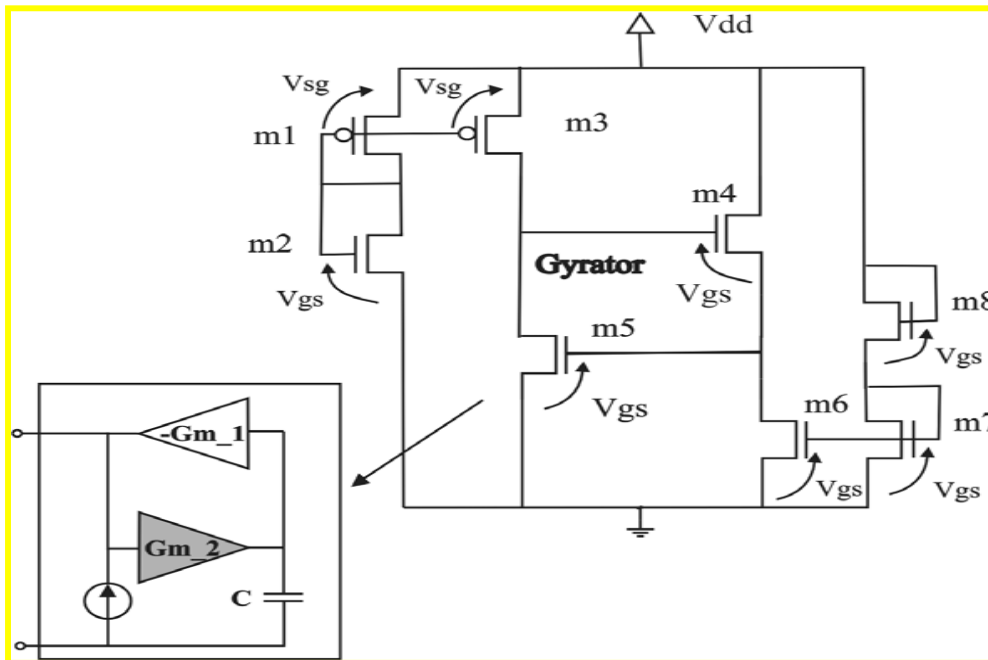
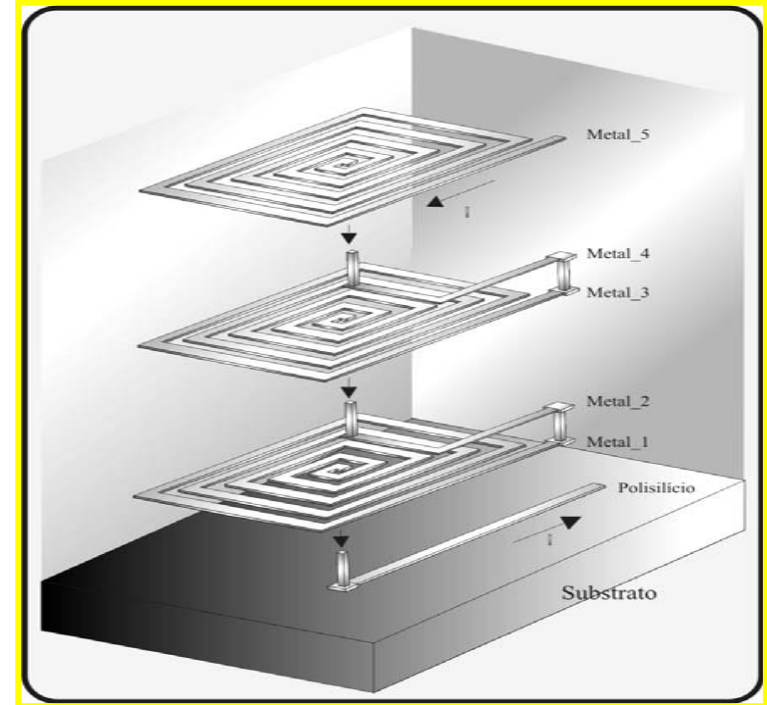
## Indutores nonocamadas

- baixa indutância (da ordem de dezenas de nanoHenrys);
- apresentam capacitâncias e resistências parasitas reduzindo o fator Q.



## Indutores com múltiplas camadas

- reduz a resistência série e aumenta o Q.
- aumenta as capacitâncias parasitas

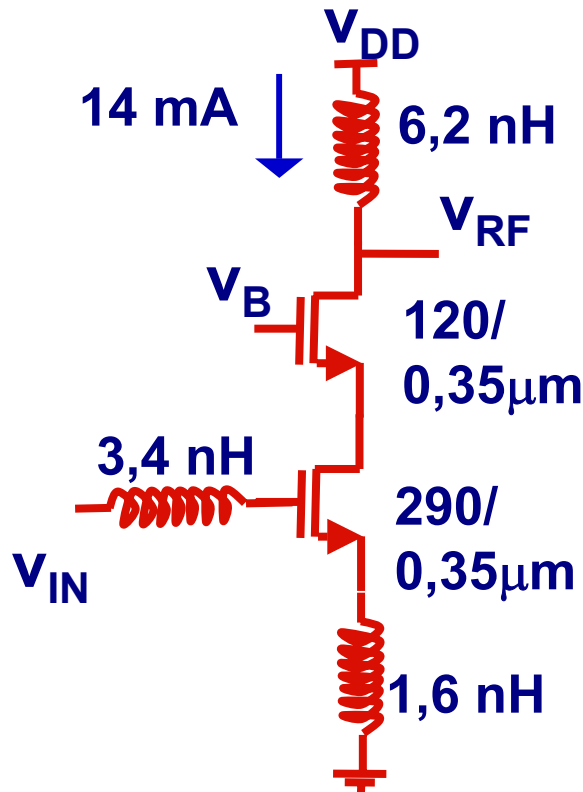


## Indutores ativo

- alto Q;
- aumentam ruído;
- aumentam distorção.



## 2. amplificadores de Baixo Ruído (LNA) - o amplificador deve fornecer ganho satisfatório com baixo nível de ruído, de forma que não comprometa a taxa de erro do circuito.

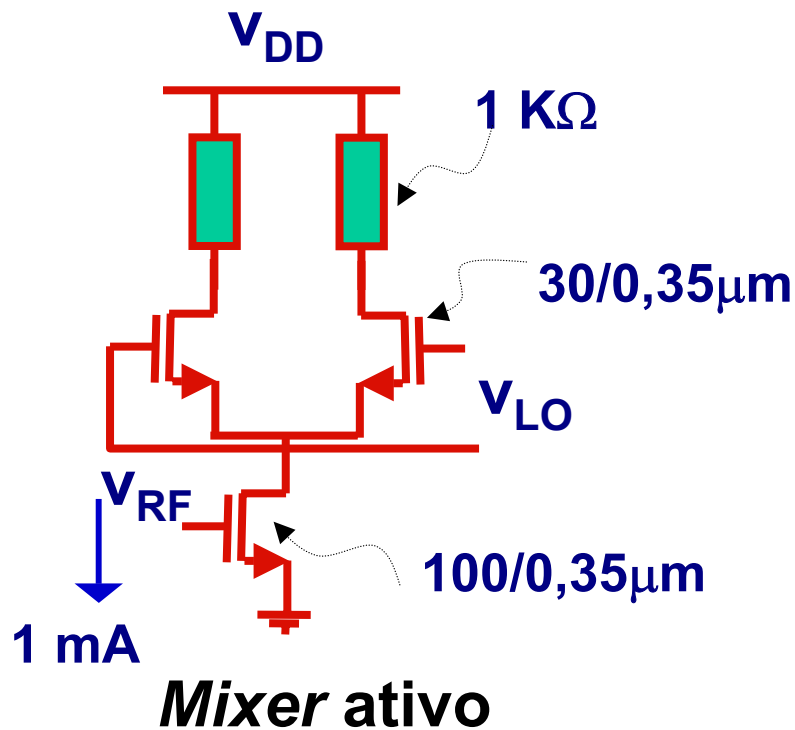


### Características

- a entrada deve ter impedância casada;
- recebe sinais muito pequenos em  $V_{IN}$  (micro volts);
- utiliza vários indutores (para casamento e para carga).



3. *mixer* - faz a conversão da frequência, realizando a multiplicação de dois sinais (RF – a ser convertido e LO – proveniente do oscilador local). Consiste de um transcondutor linear, podendo ser ativos ou passivos.



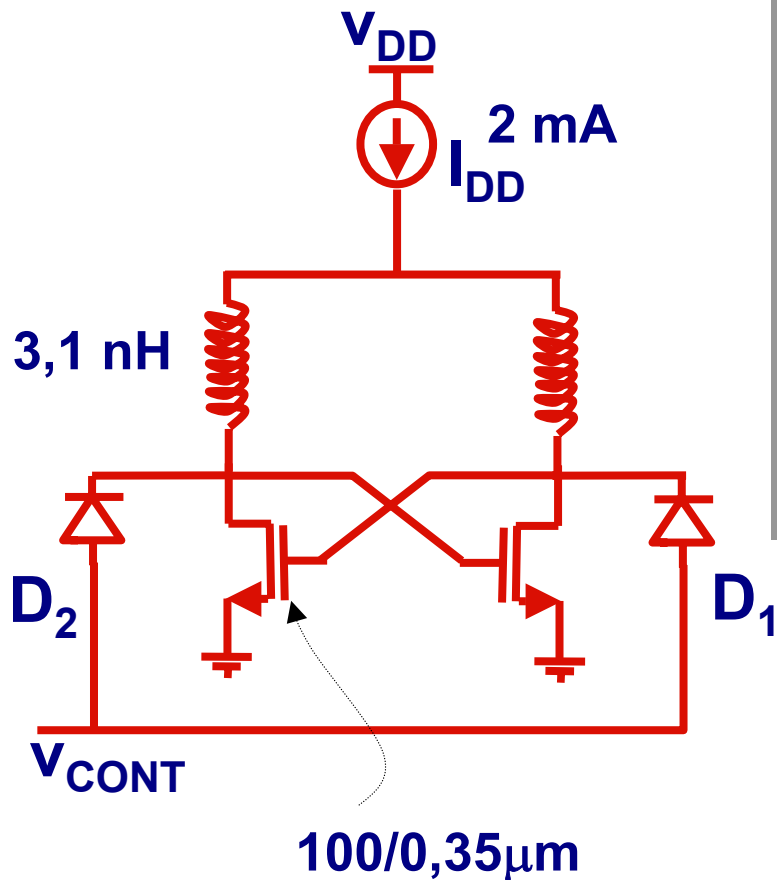
### Características

- não apresenta tantos problemas de ruído;
- não utiliza indutores;
- cuidados com distorção.





4. oscilador – Gera um sinal periódico, com boa precisão e baixo ruído de fase, para ser usado na conversão da frequência;



### Características

- deve apresentar baixo ruído de fase;
- utiliza indutores;
- deve ter a frequência controlável para ser utilizado em *phase locked loops (PLL)*

transceptor



5. amplificadores de potência (PA) - o amplificador que deve fornecer ganho e potência satisfatórios para que o sinal transmitido tenha o alcance desejado;

### Características

- deve fornecer alta potência (1W para celulares);
- utiliza indutores externos;
- alta potência é bastante difícil para tecnologias CMOS



transceptor



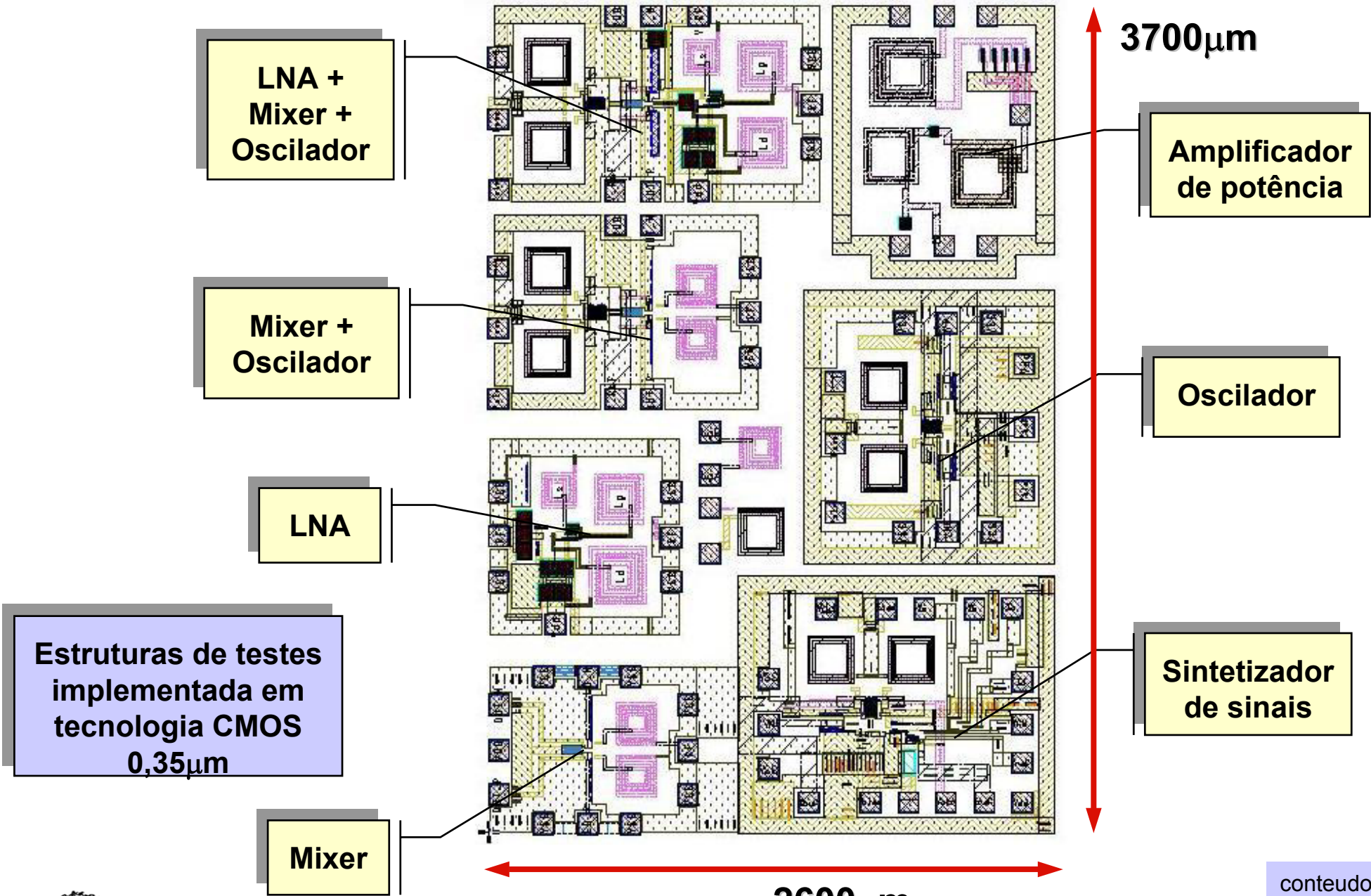
6. **filtros – filtros passa baixa e passa banda, que selecionam os sinais a serem demodulados/modulados**  
(a complexidade dos filtros depende do tipo de modulação/demodulação sendo usado)
7. **conversores A/D: transformam o sinal analógico que foi demodulado em sinal digital para posterior tratamento;**  
(aparecem apenas nos circuitos demoduladores mais sofisticados. O número de *bits* e a frequência de amostragem dependem do demodulador)
8. **conversores D/A – transformam sinais digitais em analógicos para a transmissão;**  
(aparecem apenas em alguns circuitos moduladores)
9. **circuito para o processamento digital do sinal.**  
(podem ser implementado com DSPs, processadores ou *hardware* específico)



## V. Atividades Desenvolvidas

- Foram feitos estudos sobre dispositivos indutores passivos (1 doutorado, **Dr. Luis Carlos Moreira**)
- Estão sendo implementados circuitos LNA, Mixer, PA, Osciladores e Sintetizadores de Sinais para 2,4 GHz (cinco mestrandos, **EI Kim F. Roas Fuentes, Ruben D. Echavarria Cientes, Eduard E. Rodriguez Ramirez, Andres Farfan Pelaez e Angel M. Gomez Arguello**);
- Começam a ser analisados conversores, filtros e circuitos para processamento digitais ( 1 doutorando, **Gustavo A. Cerezo Vasquez**, e três mestrandos, **Marcelo F. Basílio, Claudia Almerindo de Souza e Hae Eun Park**);
- Estão sendo feitos estudos para integração de um primeiro protótipo transmissor/receptor.





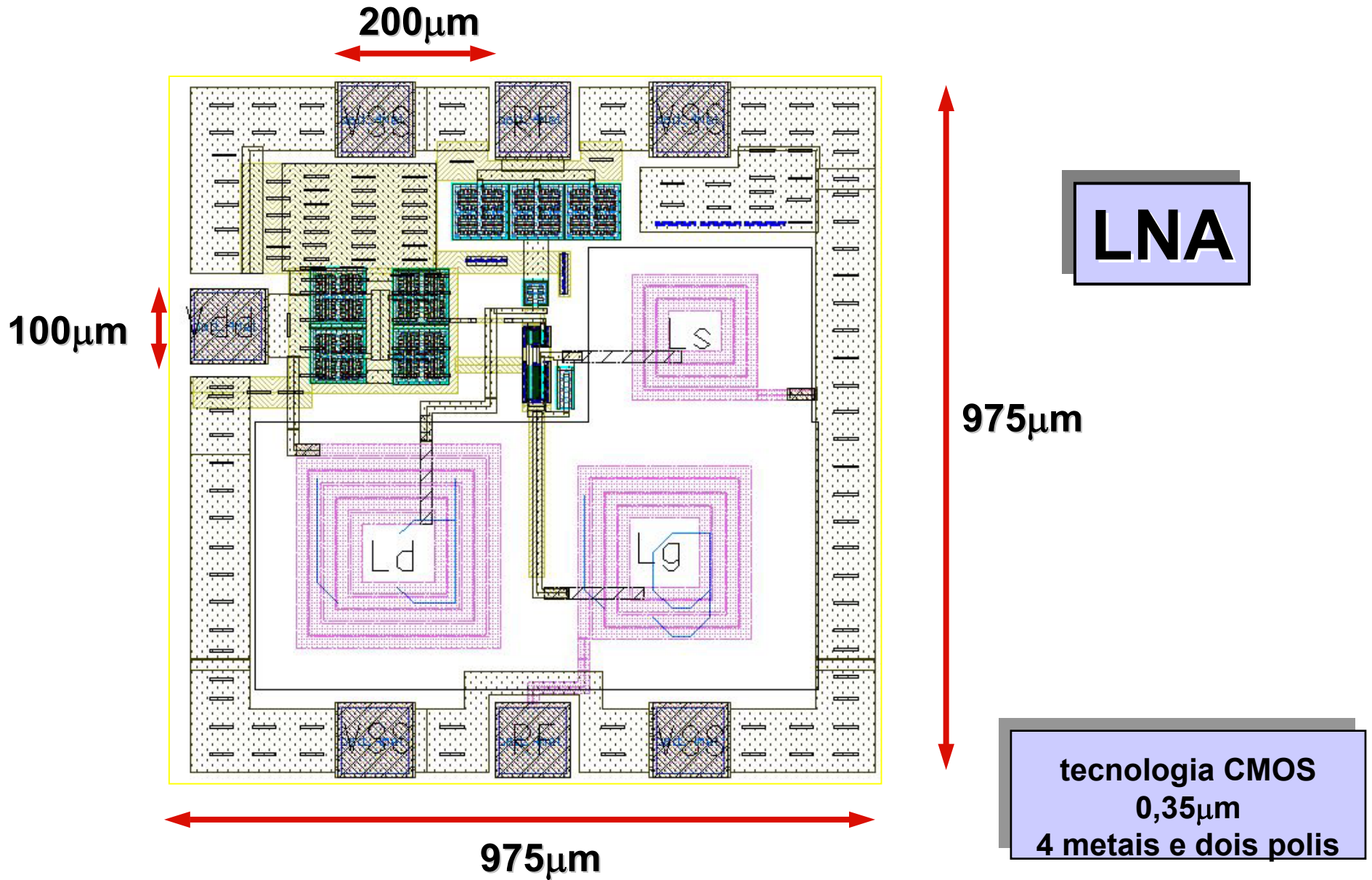
**Estruturas de testes implementada em tecnologia CMOS 0,35µm**



# VI. Conclusão

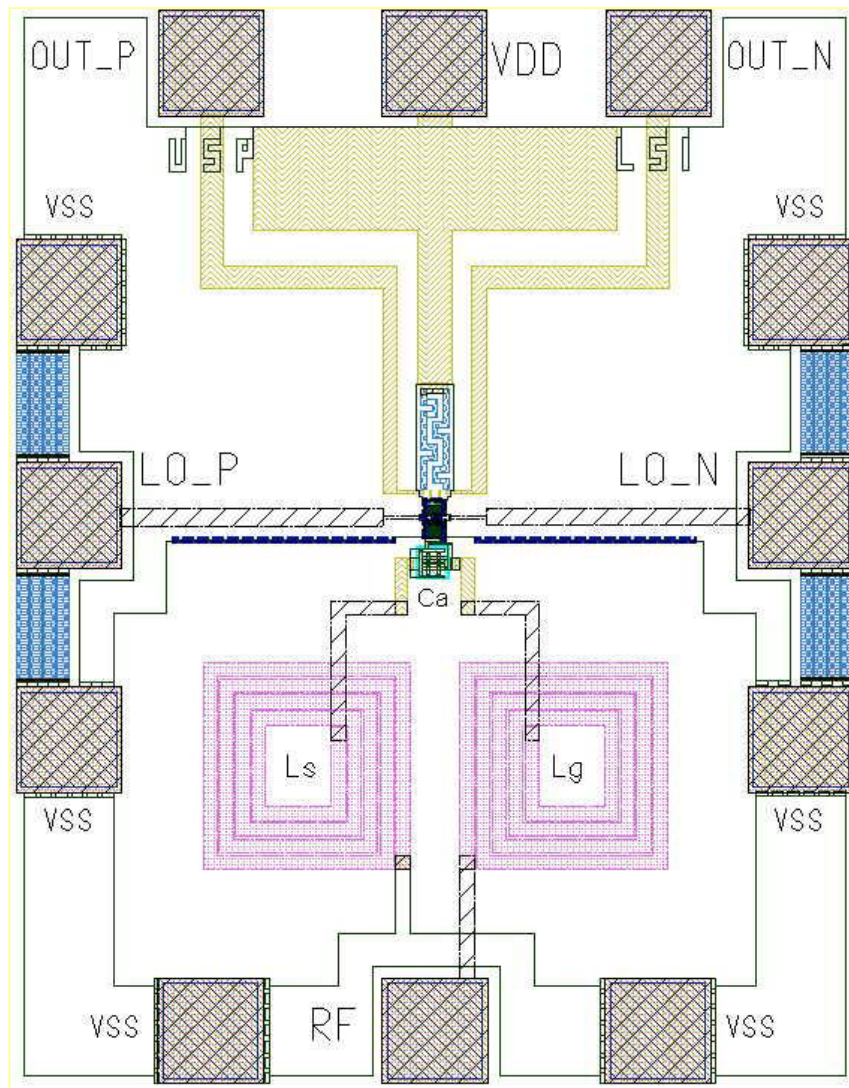
- **Objetivos: implementação de circuitos transceptores completos em CMOS**
  - **Formação - formar novos pesquisadores com capacidade de pensar e de inovar.**
  - **Pesquisa - unir os esforços de diversos pesquisadores do departamento; contatos futuros outros grupos**
  - **Prestação de Serviços – utilizar os resultados para aplicações.**
- **Atividades:**
  - **Implementação de blocos (sendo executada)**
  - **Integração (início)**
  - **Aplicações**





200 $\mu\text{m}$

100 $\mu\text{m}$



800 $\mu\text{m}$

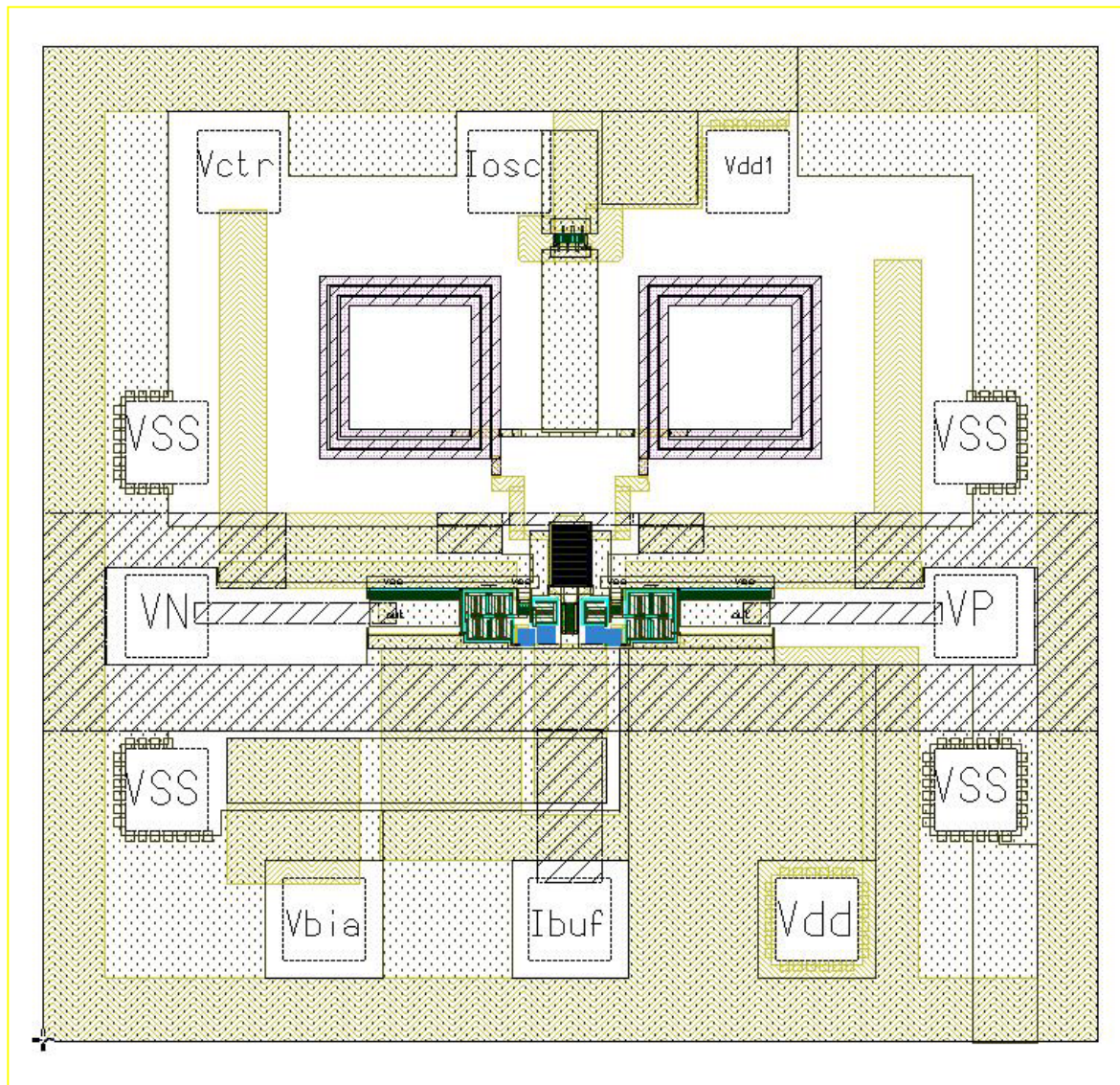
**Mixer**

820 $\mu\text{m}$

tecnologia CMOS  
0,35 $\mu\text{m}$







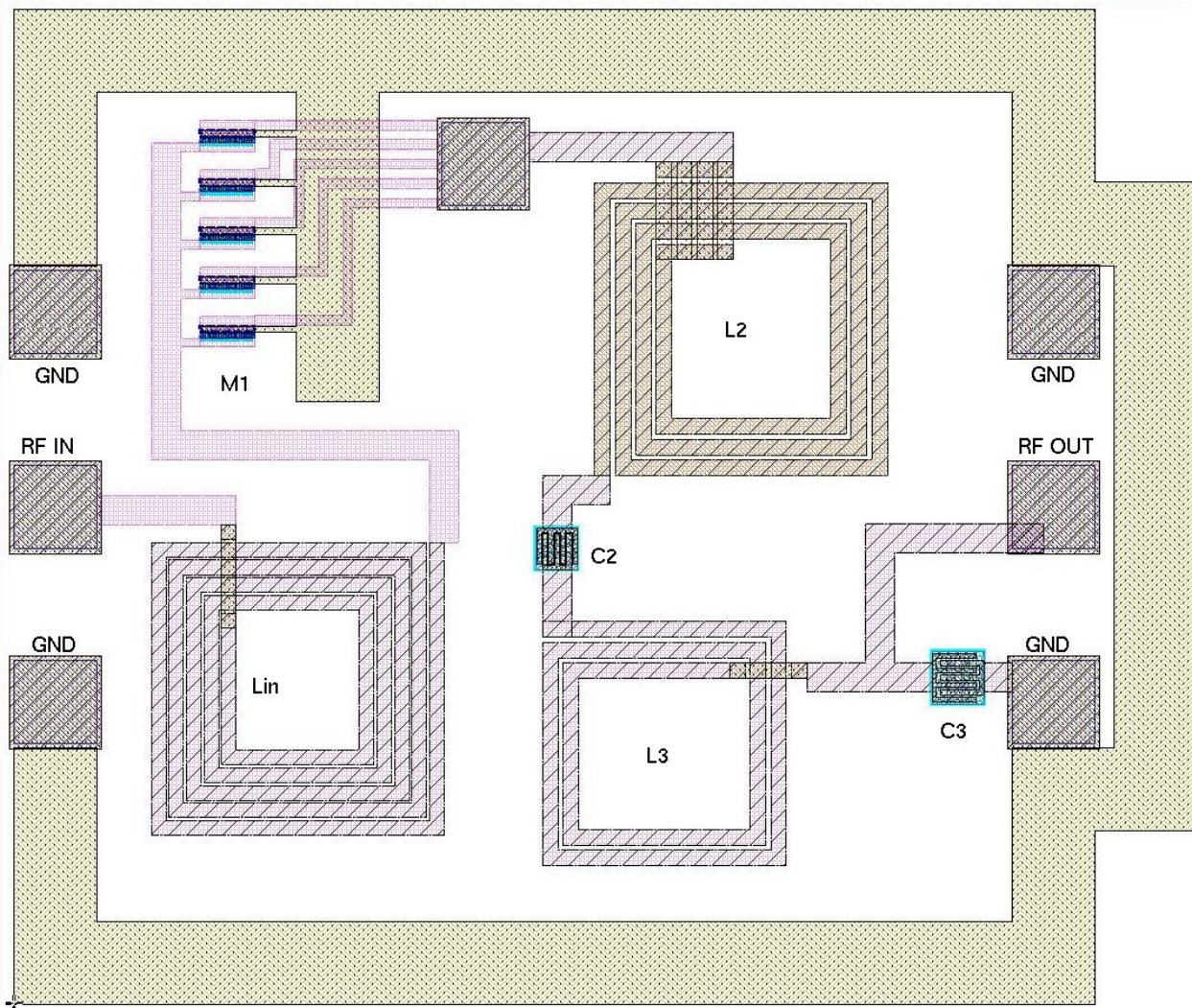
**Oscilador**

**1350µm**

**tecnologia CMOS  
0,35µm**

**1250µm**





**PA**

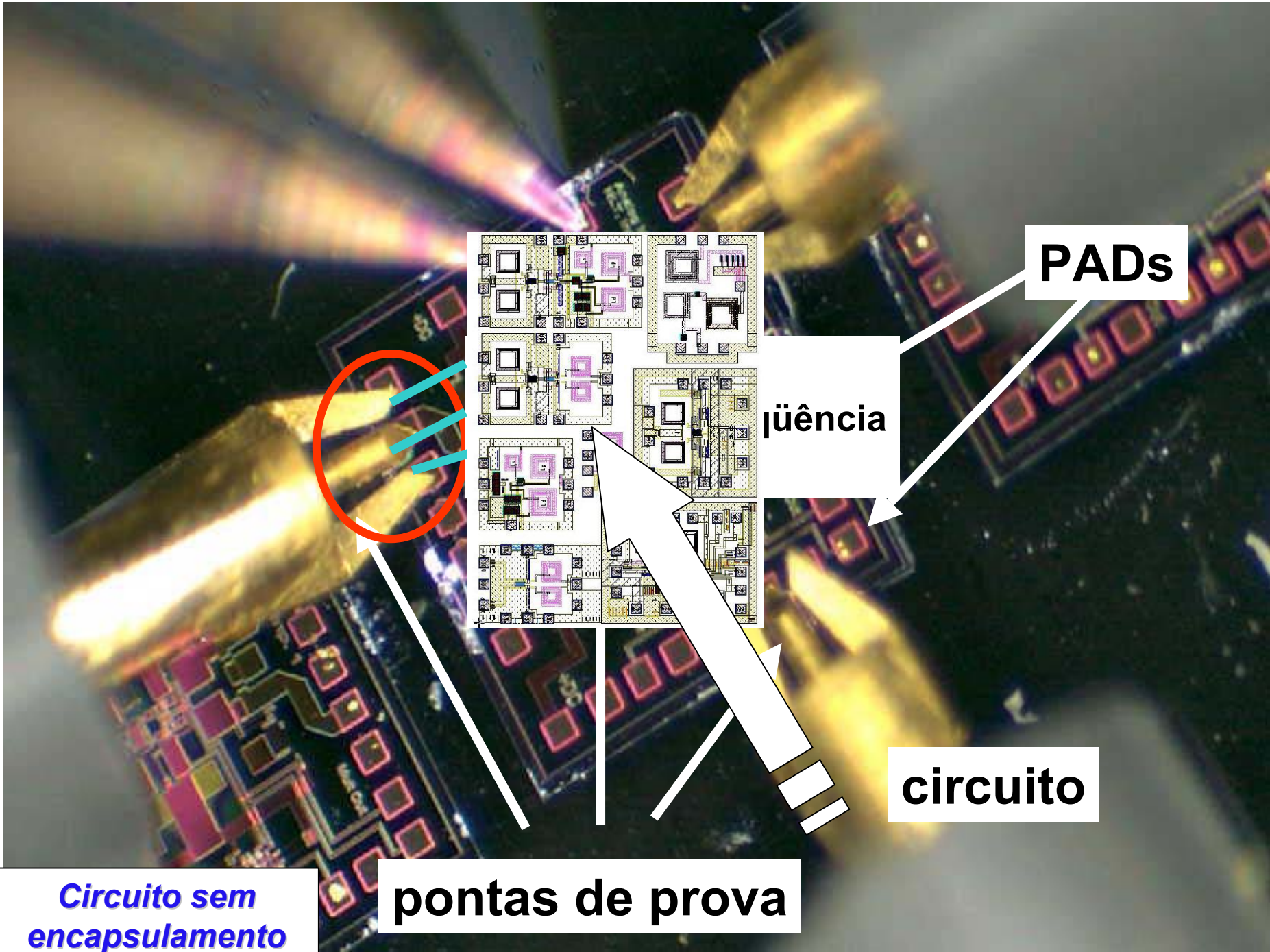
**1016 $\mu$ m**



**1215 $\mu$ m**

**tecnologia CMOS  
0,35 $\mu$ m**





**PADs**

**ponteira**

**circuito**

**pontos de prova**

**Circuito sem encapsulamento**