



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS

Instituto de Ciências Exatas e de Informática

## Modelo de artigo do Instituto de Ciências Exatas e de Informática\*

Article template Institute of Mathematical Sciences and Informatics

Gabriel Chaves Mendes<sup>1</sup>

Theldo Cruz<sup>2</sup>

### Resumo

Este artigo apresenta uma visão geral sobre diferentes tipos de circuitos integrados, incluindo ASICs, ASSPs, SPLDs, CPLDs, SoCs e FPGAs. A comparação entre essas tecnologias destaca suas características, aplicações e limitações. Os ASICs são circuitos projetados para uma função específica, enquanto os ASSPs oferecem maior versatilidade em múltiplas aplicações. Os SPLDs são dispositivos simples, adequados para lógicas básicas, enquanto os CPLDs oferecem maior complexidade e flexibilidade. O conceito de SoC é explorado como uma integração de múltiplos componentes em um único chip, enquanto os FPGAs se destacam pela sua programabilidade pós-fabricação, permitindo adaptações a diferentes necessidades. Através da análise dessas tecnologias, discutimos as tendências atuais e futuras no design de circuitos integrados, suas aplicações em diversas indústrias e suas implicações para o desenvolvimento tecnológico.

**Palavras-chave:** Circuitos Integrados. ASIC. FPGA. Programabilidade. Desempenho Energético.

---

\* Artigo apresentado ao Instituto de Ciências Exatas e Informática da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais como pré-requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

<sup>1</sup> Aluno do Programa de Graduação em Ciência da Computação, Brasil – gabrielchavesmendes@pucminas.br.

<sup>2</sup> Professor do Programa de Graduação em Ciência da Computação, Brasil – @pucminas.br.

### **Abstract**

This article presents an overview of different types of integrated circuits, including ASICs, ASSPs, SPLDs, CPLDs, SoCs, and FPGAs. The comparison between these technologies highlights their characteristics, applications, and limitations. ASICs are circuits designed for a specific function, while ASSPs offer greater versatility in multiple applications. SPLDs are simple devices, suitable for basic logic, while CPLDs offer greater complexity and flexibility. The SoC concept is explored as an integration of multiple components on a single chip, while FPGAs stand out for their post-fabrication programmability, allowing adaptations to different needs. Through the analysis of these technologies, we discuss current and future trends in integrated circuit design, their applications in various industries, and their implications for technological development.

**Keywords:** Integrated Circuits. ASIC. FPGA. Programmability. Energy Performance.

## **1 INTRODUÇÃO**

A evolução da eletrônica e dos circuitos integrados impulsiona a inovação tecnológica. Entre as principais categorias, estão os ASICs, ASSPs, SPLDs, CPLDs, SoCs e FPGAs, cada um com características distintas e aplicabilidades variadas. Os ASICs são projetados para funções específicas, oferecendo alto desempenho, enquanto os ASSPs são circuitos padronizados para diversas aplicações. SPLDs e CPLDs fornecem soluções programáveis, com os CPLDs permitindo maior complexidade. O SoC integra múltiplos componentes em um único chip, promovendo miniaturização e eficiência. Por outro lado, os FPGAs destacam-se pela flexibilidade, possibilitando reconfigurações após a fabricação. Este artigo explora as características e aplicações desses circuitos integrados, visando oferecer uma compreensão abrangente da tecnologia atual e suas tendências futuras.

## **2 DISPOSITIVO COMPLEXO DE LÓGICA PROGRAMAÇÃO**

Os Dispositivos Complexos de Lógica Programável (CPLDs) são componentes eletrônicos que permitem a implementação de circuitos digitais complexos de forma flexível e reprogramável. Com uma arquitetura que integra múltiplos blocos lógicos, os CPLDs oferecem uma solução eficiente para atender a necessidades específicas de aplicações, superando as limitações dos Dispositivos Simples de Lógica Programável (SPLDs). Sua capacidade de reconfiguração após a fabricação possibilita ajustes contínuos, refletindo a evolução em direção a sistemas eletrônicos mais dinâmicos.

### **2.1 ASIC**

Os ASICs são circuitos integrados projetados especificamente para realizar uma função ou tarefa particular. Isso significa que, ao contrário de circuitos genéricos, eles são desenvolvidos com um propósito definido em mente. Embora muitas pessoas associem ASICs a circuitos digitais, um ASIC pode ser qualquer tipo de chip customizado, seja ele analógico, digital ou uma combinação dos dois. Para simplificar, vamos focar no fato de que, na maioria dos casos, os ASICs são predominantemente digitais. Elementos analógicos ou de sinal misto geralmente ficam confinados a componentes como interfaces físicas ou loops de fase travada, que auxiliam na comunicação e sincronização dentro do chip.

## **2.2 ASSP**

Os ASSPs são circuitos integrados projetados de forma semelhante aos ASICs, utilizando os mesmos processos de desenvolvimento e implementação. A principal diferença entre eles é que, enquanto um ASIC é desenvolvido para uma aplicação muito específica, um ASSP é mais versátil e pode ser utilizado em diferentes projetos ou sistemas. Em vez de ser exclusivo para um único dispositivo ou função, o ASSP é voltado para um conjunto de aplicações que compartilham necessidades comuns. Um exemplo clássico de um ASSP é um chip de interface USB, que pode ser usado em uma ampla gama de produtos, mantendo a padronização da função de interface.

## **2.3 SPLD**

Os SPLDs (Simple Programmable Logic Device) são componentes eletrônicos básicos usados para implementar funções lógicas simples e específicas. Eles possuem uma arquitetura bastante limitada, composta por um número reduzido de blocos lógicos que podem ser programados para desempenhar uma tarefa específica. Esses dispositivos são indicados para aplicações que requerem um nível básico de lógica digital, como pequenas automações ou controladores simples. Devido à sua simplicidade, os SPLDs são fáceis de programar e possuem um custo baixo, o que os torna uma solução prática e econômica para circuitos que não demandam grande complexidade. Um exemplo comum de SPLD é o PAL (Programmable Array Logic), que permite ao usuário programar o chip para realizar determinadas operações lógicas conforme necessário.

## **2.4 CPLD**

Os CPLDs (Complex Programmable Logic Device) são mais avançados do que os SPLDs, oferecendo uma capacidade muito maior para realizar operações lógicas. Eles são usados quando há a necessidade de um dispositivo mais robusto, capaz de implementar circuitos com maior complexidade e flexibilidade. Diferente dos SPLDs, que lidam com funções mais simples, os CPLDs têm uma arquitetura que permite lidar com funções lógicas mais sofisticadas. Além de possuir mais blocos lógicos e interconexões programáveis, os CPLDs são conhecidos por oferecer um desempenho previsível, com tempos de resposta rápidos e confiáveis, tornando-os adequados para aplicações que exigem precisão e alta performance. Outra vantagem dos CPLDs é que, assim como os SPLDs, eles podem ser reprogramados, mas oferecem muito mais capacidade para funções complexas.

## 2.5 SOC

Um SoC (System-on-Chip) é um chip de silício que integra múltiplos componentes essenciais, como núcleos de processamento, sejam microprocessadores (MPUs), microcontroladores (MCUs) ou processadores digitais de sinais (DSPs), além de memória, aceleradores de funções específicas em hardware, funções periféricas e outros elementos diversos. Em essência, é um sistema completo em um único chip. Uma maneira de interpretar essa relação é pensar que, se um ASIC inclui um ou mais processadores, ele também pode ser considerado um SoC. Da mesma forma, se um ASSP tiver um ou mais núcleos de processamento, ele se torna um SoC. Isso cria uma perspectiva interessante: podemos ver o ASIC (ou ASSP) como um superconjunto que pode englobar o SoC, ou podemos ver o SoC como o verdadeiro superconjunto, pois contém tudo que um ASIC (ou ASSP) oferece, além de um ou mais núcleos de processamento.

## 2.6 FPGA

Os FPGAs (Field Programmable Gate Arrays) se destacam dos ASICs, ASSPs e SoCs porque, enquanto estes últimos oferecem alto desempenho e eficiência energética, seus algoritmos estão fixos no chip, ou seja, não podem ser alterados após a fabricação. Já os FPGAs têm uma arquitetura programável, o que significa que o hardware pode ser configurado pelo usuário após a fabricação para executar qualquer combinação de funções digitais desejadas. Nos primeiros FPGAs, a arquitetura era simples, composta por uma matriz de blocos programáveis interconectados por conexões que também podiam ser programadas. O diferencial chave dos FPGAs é essa flexibilidade, permitindo a implementação de algoritmos personalizados. Além disso, os FPGAs permitem a execução de algoritmos de forma paralela, o que possibilita o processamento rápido e eficiente de grandes volumes de dados, algo que os diferencia dos circuitos tradicionais com execução mais linear.

Figura 1 – Tabela de Comparação

Característica	PROM (Programmable Read-Only Memory)	PLA (Programmable Logic Array)	PAL (Programmable Array Logic)
Definição	Memória somente de leitura programável que armazena dados permanentemente.	Dispositivo programável que permite customizar funções lógicas tanto na matriz AND quanto na matriz OR.	Dispositivo de lógica programável com matriz fixa de OR e matriz programável de AND.
Arquitetura	Consiste em uma matriz de fusíveis onde cada bit pode ser programado uma vez.	Possui uma matriz programável tanto de portas AND quanto de portas OR, proporcionando maior flexibilidade.	Matriz fixa de portas OR e matriz programável de portas AND, limitando a flexibilidade, mas oferecendo maior simplicidade e velocidade.
Programação	Programação única – uma vez programado, os valores não podem ser alterados.	Programável em ambas as partes (AND e OR), permitindo a personalização de funções lógicas complexas.	Apenas a matriz AND é programável, o que simplifica o design, mas limita a flexibilidade em relação ao PLA.
Complexidade	Menos complexo, utilizado principalmente para armazenar dados ou tabelas de verdade.	Mais complexo devido à flexibilidade em ambas as matrizes, adequado para funções lógicas mais elaboradas.	Moderadamente complexo – menos flexível que o PLA, mas mais eficiente para funções lógicas padrão.
Velocidade	Alta velocidade de leitura, pois o conteúdo já está "gravado".	Geralmente mais lento que o PAL devido à necessidade de programar ambas as matrizes.	Mais rápido que o PLA, devido à matriz fixa de OR.
Uso típico	Armazenamento de dados ou instruções permanentes, como em firmware ou tabelas de busca.	Implementação de funções lógicas personalizadas em sistemas digitais.	Aplicações de lógica digital padrão onde a simplicidade e a velocidade são importantes.
Reprogramabilidade	Não reprogramável – os dados são permanentes após a programação inicial.	Reprogramável, permitindo mudanças na configuração lógica conforme necessário.	Programável uma vez, semelhante ao PROM.
Vantagem principal	Armazena dados permanentemente de forma simples e rápida.	Oferece máxima flexibilidade na personalização de funções lógicas.	Combina simplicidade e velocidade, sendo ideal para funções lógicas comuns e eficientes.

3 DIFERENÇA (PROM, PLA, PAL)

4 DIFERENÇA (CPLD, FPGA)

Figura 2 – Tabela de Comparação

Característica	CPLD	FPGA
Estrutura	Arquitetura mais simples, geralmente com uma estrutura fixa de blocos lógicos e interconexões.	Arquitetura mais complexa, composta por milhares de LUTs (Look-Up Tables), blocos de memória e outros elementos programáveis.
Capacidade	Geralmente menor capacidade de lógica e memória em comparação com FPGAs.	Alta capacidade de lógica e memória, permitindo a implementação de designs muito complexos.
Aplicações	Ideal para aplicações que requerem lógica de controle simples, como sistemas embarcados.	Utilizado em aplicações que exigem alta performance e complexidade, como processamento digital de sinais e sistemas de comunicação.
Consumo de Energia	Consumo de energia geralmente menor, adequado para aplicações em dispositivos móveis ou de baixo consumo.	Pode consumir mais energia devido à sua complexidade e capacidade. No entanto, pode ser otimizado para eficiência.
Tempo de Programação	O tempo de configuração é rápido, uma vez que a lógica é definida de forma mais simples.	O tempo de configuração pode ser mais longo, especialmente para designs complexos.
Reprogramação	Pode ser reprogramado, mas com limitações em relação a FPGAs.	Totalmente reprogramável, permitindo modificações rápidas em designs.
Custo	Geralmente mais barato que FPGAs, ideal para aplicações de menor custo.	Mais caro, mas oferece maior flexibilidade e capacidade.
Desempenho	Menor desempenho em comparação com FPGAs, adequado para tarefas mais simples.	Melhor desempenho, especialmente em tarefas paralelas e de processamento intensivo.

## 5 CONCLUSÃO

Concluindo, a evolução dos circuitos integrados, incluindo ASICs, ASSPs, SPLDs, CPLDs, SoCs e FPGAs, reflete o constante avanço da eletrônica e suas aplicações. Cada tipo de dispositivo possui características e vantagens únicas que atendem a diferentes necessidades do mercado, desde a eficiência energética dos ASICs até a flexibilidade dos FPGAs. A compreensão desses circuitos é fundamental para o desenvolvimento de tecnologias inovadoras e para a criação de soluções que atendam às demandas de um mundo em rápida transformação. Assim, a contínua pesquisa e inovação nesta área prometem expandir ainda mais as fronteiras do que é possível na eletrônica moderna.

(ASIC..., 2024) (O..., 2024) (LÓGICA..., 2024)

## REFERÊNCIAS

ASIC, ASSP, SoC, FPGA. 2024. Disponível em: <<https://embarcados.com.br/asic-assp-soc-fpga/>>.

LÓGICA Programável. 2024. Disponível em: <<https://www.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/logica-programavel.pdf>>.

O CPLD (Dispositivo Complexo de Lógica Programação aplicado em automação industrial). 2024. Disponível em: <[file:///C:/Users/Gabriel/Downloads/O%20CPLD%20\(Dispositivo%20Complexo%20de%20L%C3%B3gica%20Programa%20aplicado%20em%20automa%20industrial/\\_%20RESUMO%20-%20PDF%20Free%20Download.pdf](file:///C:/Users/Gabriel/Downloads/O%20CPLD%20(Dispositivo%20Complexo%20de%20L%C3%B3gica%20Programa%20aplicado%20em%20automa%20industrial/_%20RESUMO%20-%20PDF%20Free%20Download.pdf)>.