



Autoria Ana M Rodrigues, Dália Pereira, Joana Paulo Pardal

Curso Técnico de Gestão e Programação de Sistemas Informáticos

Disciplina	Módulo	Ano	Duração Do Módulo
Arquitetura de Computadores	1. Sistemas Digitais	10.º	36 horas (2160 m) (43 tempos de 50m)

Breve Caracterização da Turma

(máx. 150 palavras)

A turma frequenta o 10.º ano e está no 1.º período. A turma é constituída por 31 alunos, sendo 29 rapazes e 2 raparigas, a média da sua idade é de 16 anos. A nacionalidade dos alunos é na sua maioria portuguesa, à exceção de um aluno de nacionalidade chinesa, outro de nacionalidade brasileira e outro oriundo da Guiné Conacri. Nesta turma existem 21 alunos sem repetições de ano e 10 com repetição, um dos quais está a repetir o décimo ano de escolaridade. As disciplinas que mais gostam são Educação Física, Arquitetura de Computadores e PSI, e as menos populares são Matemática e Área de Integração. 71% dos alunos, não pretende continuar o seu percurso escolar, além do curso profissional. Alguns alunos têm alguma experiência com Robótica porque tiveram oferta de escola. O horário da turma contempla 2 blocos de 150 minutos de Arquitetura de Computadores por semana.

Competências a Desenvolver

(máx. 100 palavras)

As competências que o aluno deverá obter são:

- identificar e utilizar corretamente os diversos sistemas de numeração compreendendo os vários sistemas existentes, e qual a sua importância para o funcionamento do computador;
- perceber o funcionamento básico dos circuitos digitais associados às várias partes do computador.

Além das competências técnicas referidas serão também desenvolvidas competências transversais como:

- colaboração entre pares, cooperação e trabalho em equipa;
- pensamento crítico e criativo;
- manipulação e manuseamento de materiais e instrumentos diversificados para imaginar, criar, controlar, utilizar, transformar produtos e sistemas;
- adequar a ação de transformação e criação de produtos aos diferentes contextos naturais e tecnológicos, em atividades experimentais, projetos e aplicações práticas desenvolvidos em ambientes físicos e digitais como recomendado pelo Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória.



Objetivos de Aprendizagem

(máx. 100 palavras)

Gerais:

- Os alunos devem aprender conceitos relevantes para compreensão da arquitetura de computadores;

Específicos:

- Identificar os sistemas de numeração utilizados pelos computadores e aplicações informáticas;
- Converter corretamente valores entre os diversos sistemas de numeração;
- Utilizar corretamente a Álgebra de Boole para resolver problemas;
- Reconhecer, criar e utilizar Circuitos Lógicos.

Conteúdos Curriculares

(máx. 100 palavras)

Nesta disciplina é abordada a organização material dos computadores e o processo de execução de programas, dotando os alunos dos conceitos relevantes para a compreensão da arquitetura dos computadores atuais (DGFV, 2005).

- Sistemas de Numeração e Códigos:
 - Decimal
 - Binário
 - Octal
 - Hexadecimal
 - Conversão entre os sistemas
 - Códigos
- Álgebra de Boole e Circuitos Lógicos:
 - Constantes e variáveis de Boole
 - Tabelas de verdade
 - Operações – OR, AND, NOT
 - Análise algébrica de circuitos lógicos
 - Portas: NAND, NOR
 - Portas: EXCLUSIVE-OR, EXCLUSIVE-NOR
 - Teoremas de Álgebra de Boole
 - Teoremas de DeMorgan
 - Representações alternativas das portas
 - Símbolos lógicos IEEE/ ANSI
 - Síntese de circuitos combinatórios



O que diz a literatura sobre o ensino desta temática (*Dificuldades, estratégias, ...*)

(máx. 400 palavras)

Segundo Morandi et al. (2006), a disciplina de arquitetura é muito importante para a área da computação, pois favorece o conhecimento básico para a pesquisa e desenvolvimento de todo o hardware de um computador moderno, porém os alunos têm encontrado dificuldades para assimilar as informações.

Soares et al. (2000), identificam a complexidade dos conteúdos abordados como a principal dificuldade do ensino e aprendizagem de arquiteturas de computadores.

Djordjevic (2000), declara que no ensino destes temas é difícil conseguir ajudar os alunos a executar o salto cognitivo que liga o seu conhecimento teórico à experiência prática.

No método tradicional os conhecimentos são lecionados aos alunos de modo passivo: a maioria das aulas são teóricas, e incluem exercícios de manuais, com pouco ou nenhum uso de ferramentas computacionais. É normal, atendendo à complexidade dos conteúdos, que a falta de atividades de comprovação prática da teoria estudada, leve os alunos a erros de compreensão, apreensão de conceitos incorretos e mesmo a erros na análise de aplicações da teoria em situações reais e práticas. Os alunos referem a complexidade dos problemas, falta de motivação para apreender os conceitos teóricos e sem relacionar essa teoria com situações e problemas do mundo real, eles simplesmente não analisam, nem questionam as soluções e nem as técnicas ensinadas (Martins, 2001).

Para que os alunos estejam motivados é preciso que os professores também o estejam, o que é dificultado pela constante atualização destes temas, e a reciclagem de conhecimentos inerente. Também a necessidade de entender os recursos técnicos que se vão atualizando com frequência exige um maior esforço da parte dos docentes destas disciplinas. A ausência de laboratório com equipamentos atualizados, levam os professores ao desânimo e a optarem por métodos tradicionais, causando deficiências e inadequação do aluno quando este vai exercer a sua profissão, na resolução de problemas no dia a dia (WCAE, 2000).

Os professores devem, por tudo isto, frequentar formações específicas onde aprendam e experimentem simuladores e microprocessadores configuráveis para, de seguida, poderem planificar atividades e projetos específicos onde, com o envolvimento de todos, se promova a aprendizagem por experimentação, análise e reflexão, motivando, assim, os alunos para uma postura mais ativa e participativa (Medeiros & Martins, 2001).

Sanchez (2004) destaca que as dificuldades de aprendizagem em Matemática podem-se manifestar nos seguintes aspetos: dificuldades em relação ao desenvolvimento cognitivo e à construção da experiência matemática, do tipo da conquista de noções básicas e princípios numéricos, da conquista da numeração, quanto à prática das operações básicas, quanto à mecânica ou quanto à compreensão do significado das operações; dificuldades na resolução de problemas, o que implica a compreensão do problema, compreensão e habilidade para analisar o problema e raciocinar matematicamente.



Metodologias

(máx. 200 palavras)

(indicação das metodologias de trabalho a utilizar na dinamização das atividades)

Este módulo será abordado de forma essencialmente demonstrativa e ativa, proporcionando diversas atividades e simulações dos conteúdos que os alunos devem aprender, para que atinjam os objetivos pretendidos. Para colmatar as dificuldades encontradas na literatura, a complexidade dos conceitos e a falta de motivação dos alunos, cada aula terá:

- um jogo que introduza as questões que vão ser abordadas;
- exercícios em papel que permitam o diálogo e exposição que sejam necessários (na resolução de dúvidas e correção de erros) permitindo que o aluno receba *feedback* tão cedo quanto possível;
- a aplicação prática baseada em exemplos reais de aplicação, tipicamente construindo pequenos circuitos eletrónicos que, cumulativamente, resolverão o projeto proposto;
- avaliação formativa que permita ao professor fazer os ajustes necessários na(s) aula(s) seguintes e que permita um *feedback* formal a todos os alunos.

Os conteúdos serão apreendidos através de atividades (abaixo descritas), complementadas com um projeto, de nome “**SomaBin**”, que consiste na construção de uma calculadora binária de 3 bits. Será construída ao longo de todo o módulo de forma cumulativa em grupo: para cada conceito lecionado, fazem-se pequenas peças que vão sendo integradas no projeto. Para se chegar a uma versão funcional completa será necessário aplicar os conhecimentos para expandir o sistema a partir dos resultados já obtidos, permitindo o desenho de circuitos e a aplicação autónoma dos conceitos.



Atividades a desenvolver

(máx. 100 por atividade)

(indicação das principais atividades a desenvolver no módulo, objetivo, conteúdos, articulações curriculares)

Atividade	Objetos de Aprendizagem	Conteúdos	Duração
Cartões Mágicos em binário	Nova base numérica: o Binário ON/OFF, Ligado/ Desligado	Sistemas de Numeração e Códigos: Conversão de binário para decimal.	6 tempos
Contagem de luzes ligadas	Conversão entre bases: Método das subtrações de 2^1 a 2^0 . Método das divisões sucessivas.	Sistemas de Numeração e Códigos: Conversão de decimal para binário. Métodos de conversão.	
Mensagens em post-its Nome em missangas	Binário -> Decimal -> ASCII ASCII -> Decimal -> Binário	Sistemas de Numeração e Códigos: Utilização de binário para representar texto (ASCII). Fórmula geral de significância posicional.	
Utilização de octetos e de hexadecimal para representar a mesma informação	Utilidade das bases 8 e 16 para representar informação de forma mais compacta (exemplo HTML).	Sistemas de Numeração e Códigos: Conversão entre binário, decimal, octal e hexadecimal.	
Pintar e representar imagens codificadas com 0s e 1s.	Representação de dados com binário. Resolução de uma imagem (mais pixéis, mais qualidade).	Sistemas de Numeração e Códigos: Utilização de binário para representar imagens a 2 cores (preto e branco).	6 tempos
Pintar imagens representadas com 2 bits/pixel : branco, preto e 2 tons de cinzento.	Representação de dados com binário.	Sistemas de Numeração e Códigos: Utilização de binário para representar imagens a 4 cores (branco, preto, cinzento claro e cinzento escuro).	
Pintar imagens representadas com 3 bits/pixel : com Vermelho, Verde e Azul (Red, Green, Blue = RGB).	Representação de dados com binário.	Sistemas de Numeração e Códigos: Utilização de binário para representar imagens a 8 cores (Vermelho, Verde, Azul, Ciano, Magenta, Amarelo, Branco e Preto). Uso de base 8.	
Utilização de mais bits para representar mais cores. Desenhos no Excel.	Representação de dados com binário.	Sistemas de Numeração e Códigos: Utilização de mais bits por pixel até ao <i>True Color</i> . Utilizar células quadradas no Excel e a configuração de cor com valores até 255 por cor por bit por pixel.	
Lançamento do projeto SomaBin	Operações aritméticas em qualquer base com destaque para a binária.	Sistemas de Numeração e Códigos: Adição e Subtração em binário. Operações em código de complementos.	3 tempos
Jogo “ Quem é Quem? ” (Jogo tradicional)	Operadores lógicos em Português, linguagem natural.	Álgebra de Boole e Circuitos Lógicos: Conceitos introdutórios OR, AND e NOT	3 tempos
Jogo Pyrabit AND, OR, NOT gate	Jogo com cartas que introduz a notação das portas.	Álgebra de Boole e Circuitos Lógicos: Conceitos introdutórios OR, AND e NOT	



Circuitos Lógicos simples com circuitos elétricos Tabelas de verdade em papel	Construção de: porta AND com um circuito em série; porta OR com um circuito em paralelo; porta NOT com uma foto-resistência.	Álgebra de Boole e Circuitos Lógicos: Operações OR, AND, NOT, Tabelas de verdade.	18 tempos
Circuitos Lógicos simples com transístores	Construção de portas AND, OR e NOT com transístores.	Álgebra de Boole e Circuitos Lógicos: Operações OR, AND, NOT, Tabelas de verdade.	
Circuitos lógicos – notação Representação e simulação no LogiSim	Utilização de simulador para representar circuitos digitais simples e obter a tabela de verdade de forma automática.	Álgebra de Boole e Circuitos Lógicos: Constantes e variáveis de Boole, Representações alternativas de portas, Símbolos lógicos IEEE/ ANSI.	
Representação e simulação no Tinkercad	Utilização de simulador para representar circuitos digitais utilizando circuitos integrados simples e obter a tabela de verdade por simulação das várias possibilidades.	Álgebra de Boole e Circuitos Lógicos: Operações NAND, NOR, Operação EXCLUSIVE-OR, EXCLUSIVE-NOR,	
Construção de Half-adder . Utilização de LEDs para representar o resultado.	Utilização de portas lógicas para representar a soma de dois números em binário com 1 bit: $A + B = Cout\ S$ (carry e resultado)	Álgebra de Boole e Circuitos Lógicos: Teoremas de Álgebra de Boole, Análise algébrica de circuitos lógicos.	
Construção de Full-Adder a partir do Half-adder . Extensão para 3-bits. Utilização de LEDs para apresentar inputs e outputs.	Utilização de portas lógicas para representar a soma de números com mais bits. Implementação da soma de 3 bits: $A_2A_1A_0 + B_2B_1B_0 = Cout\ S_2S_1S_0$	Álgebra de Boole e Circuitos Lógicos: Teoremas de Álgebra de Boole, Análise algébrica de circuitos lógicos.	
Conclusão do projeto	Teste de circuitos elétricos. Utilização de <i>display</i> de 7-segmentos para apresentar o resultado em hexadecimal.	Álgebra de Boole e Circuitos Lógicos: Teoremas de DeMorgan.	7 tempos
Revisão final do Relatório		Álgebra de Boole e Circuitos Lógicos: Síntese de circuitos combinatórios.	
Apresentação dos trabalhos		Álgebra de Boole e Circuitos Lógicos: Síntese de circuitos combinatórios.	

Nota: o relatório é escrito ao longo do projeto. Será fornecida um *template* onde se incluem os passos os resultados intermédios. Uma vez introduzidos os conceitos básicos com exemplos do dia-a-dia, passamos à sua aplicação, primeiro com circuitos elétricos simples, depois com transístores, depois com portas lógicas simples, depois com circuitos desenhados mais complexos e, finalmente, com circuitos integrados compostos (que já fazem 'sozinhos' as operações necessárias: *4-bit full adder* e *encoders/ decoders*).



Materiais e recursos a desenvolver ou mobilizar
(bibliografia, cenários, tutoriais, guiões, ...)

(máx. 100 palavras)

- Materiais didáticos
 - Guião a construir com base num existente para o 1.º ciclo para incluir a representação de dados mais complexos do que os já incluídos;
 - Guião com instruções progressivas para a construção de uma máquina de calcular de 3 bits (binário) que dá resultados em 4 *bits* (hexa), num *display* de 7 segmentos;
 - Grelhas de registo de observação para avaliação;
 - Apresentações de multimédia para os vários temas.
- Materiais eletrónicos:
 - *Breadboards*, fios e resistências;
 - Transístores
 - Circuitos integrados simples (AND, OR, NOR, XOR, NAND, NOR de 5 e 14 *patas*);
 - Circuitos integrados: 4-bit *logic adder and subtractor* e 7-segment *display encoder*
- Recursos:
 - Computadores para cada grupo de alunos e para o professor;
 - Videoprojector;
 - Quadro branco e Canetas (ou Quadro verde e Giz);
- Software apropriado
 - *LogicSim*
 - *TinkerCad*



Avaliação da atividade

(máx. 100 palavras)

Dado o carácter iminentemente prático das atividades e o perfil dos alunos, a avaliação será feita com uma Grelha de Observação onde se registam os conhecimentos adquiridos demonstrados pela correção dos exercícios realizados; mas também o empenho e autonomia demonstrados na resolução desses exercícios, bem como a capacidade de trabalhar em equipa, de explicar o que foi feito e de ajudar os colegas de forma construtiva; registo também da criatividade das soluções propostas.

Registam-se também a pontualidade, a atitude, o comportamento, o interesse, a participação, a proatividade, a criatividade das soluções propostas e a capacidade de trabalho de equipa.

Estes registos servirão como avaliação formativa de forma a podermos auxiliar os alunos no sucesso das suas aprendizagens, dando *feedback* e sugestões de melhoria ao longo das aulas, tanto no projeto como nas restantes atividades.

As avaliações das atividades específicas podem ser compostas por dois elementos: o produto elaborado a partir da resolução dos problemas e fichas e o desempenho do aluno durante as aulas (Oliveira et al., 2007). Esta componente corresponderá a 30% da nota.

Serão também objeto de avaliação sumativa através de pequenas fichas no final de cada bloco de 3 tempos relativas aos conteúdos aprendidos que contabilizarão 30% da nota.

Finalmente, o projeto cumulativo das aprendizagens, o **SomaBin**, será avaliado pela sua construção e correta funcionalidade (20%) e pela descrição e apresentação do trabalho com relatório e slides (20%).



Observações

Na outra disciplina analisada na primeira parte deste trabalho, Sistemas Digitais e Arquitetura de Computadores, há 4 módulos dedicados a estes temas, num total de 108 horas de referência. Neste caso, os temas são abordados com mais calma e com mais profundidade.

Na disciplina de Arquitetura de Computadores, este é o único módulo dedicado aos Sistemas Digitais. Aqui, não havendo tanto tempo, mas sendo o único módulo, quisemos abordar os vários temas que em sequência explicam as bases da arquitetura de computadores, mostrando como se pode evoluir de um simples sistema elétrico, para um sistema com transístores, para um sistema com alguma lógica, para circuitos integrados de baixa complexidade, para deixar intuir o que seja um circuito integrado complexo e completo como é um microprocessador. Nas disciplinas opcionais que forem lecionadas na escola, sejam elas “Arquitetura de Microprocessadores”, “Programação de Microprocessadores” ou “Manufatura de Circuitos Impressos”, os alunos terão a oportunidade de levar estes conhecimentos ainda mais longe.

Este projeto é realizado em grupo e em interdisciplinaridade com as disciplinas de Português, Inglês, Matemática, Física e Química e Tecnologias de Informação e comunicação (TIC).

Os conteúdos abordados na disciplina de **Português** são:

🔧 **Oralidade 010**

Registrar e tratar a informação; planificar intervenções orais; participar oportuna e construtivamente em situações de interação oral; produzir textos orais com correção e pertinência.

🔧 **Escrita E10**

Planificar a escrita de textos; escrever textos de diferentes géneros e finalidades; redigir textos com coerência e correção linguística, e rever textos escritos.

Os conteúdos abordados na disciplina de **Inglês** são:

🔧 **Módulo 3 – O mundo Tecnológico. Inovação Tecnológica**

o homem e a máquina; os robôs e as máquinas inteligentes.

Os conteúdos abordados na disciplina de **Matemática** são:

🔧 **Módulo B5 - Aplicações e Modelação Matemática** (Tema Transversal)

Jogos Matemáticos (desenvolvimento de capacidades matemáticas através do uso de jogos).

Os conteúdos abordados na disciplina de Física e Química são:

🔧 **Módulo F4– Circuitos elétricos e E.F4**

Circuitos elétricos de corrente alternada.

Os conteúdos abordados na disciplina de TIC são:

🔧 **Módulo 1 – Folha de Cálculo.**



Referências usadas na planificação e links para os artigos

AC (2005). Programa da disciplina de Arquitetura de Computadores – Curso Profissional de Técnico de Gestão e Programação de Sistemas Informação. Acedido a 5 de maio de 2019, <https://www.aevf.pt/images/ficheiros/ProgramasProfissional/i006716.pdf>

AELC (2018). Planificação da disciplina de Programação de Sistemas Informação – 10º ano do Agrupamento de Escolas Leal da Câmara. Acedido a 8 de março de 2019 http://www.aelc.pt/files/alunos/cri_ava/secundario/informatica/psi_1_pro.pdf

ANQ (2006). Cursos Profissionais – Agência Nacional Para a Qualificação e o Ensino Profissional. Acedido a 5 de março de 2019, <http://www.anqep.gov.pt/>

ANQEP (2012). Jovens – Cursos Profissionais. Acedido a 5 de março de 2019 www.anqep.gov.pt

Djordjevic, J; Milenkovic, A., Grbanovic, N. (2000). *An Integrated Environment for Teaching Computer Architecture*. Los Alamitos: IEEE Micro, v.20, n.3, p. 66-77.

Goulart, Iris B. (1998). *A educação na perspectiva construtivista*. Petrópolis: Editora Vozes, 2.º edição.

López, M., Gómez-Pérez, A., Sierra, J., Sierra, A. (1999). *Building a chemical ontology using methontology and the ontology design environment*. IEEE Intelligent Systems, 14(1): p.37 – p.46.

Martins, Carlos A.P.S. (2001). "Análise crítica dos métodos tradicionais de ensino de arquitetura de computadores usados em cursos de graduação no Brasil e no exterior", Relatório Técnico LSDC - PUC-MINAS. Acedido a 7 de maio de 2019 <http://www.lsdci.inf.pucminas.br/>

Medeiros, Talles H; Martins, Carlos A.P.S. (2001). "Proposta e implementação de um simulador reconfigurável de microprocessadores". Projeto PROBIC/PUC-MINAS.

Morandi, D., Raabe, A. L. A., & Zeferino, C. A. (2006). *Processadores para ensino de conceitos básicos de arquitetura de computadores*. In Workshop sobre Educação em Arquitetura de Computadores-WEAC (Vol. 2006, pp. 17-24)

Soares, S. N., Wagner, F. R. (2002). *Uma Análise de Ferramentas de Software para o Ensino de Organização e Arquitetura de Computadores*. In: Internacional Conference on Engineering and Computer Education. São Paulo.

Sanchez, Jesús Nicasio Garcia.(2004). *Dificuldades de Aprendizagem e Intervenção Psicopedagógica*. Porto Alegre: Artmed.

WCAE (2000). *Workshop on Computer Architecture Education*. Acedido a 7 de maio de 2019 <http://www4.ncsu.edu/~efg/wcae2000.html>

Lógica booleana. Acedido a 10 de junho de 2019 <https://www.bbc.com/bitesize/guides/zqp9kqt/revision/4>

From Transistors to Functions. (1995) Acedido a 5 de maio de 2019 <https://www.cs.bu.edu/~best/courses/modules/Transistors2Gates/>

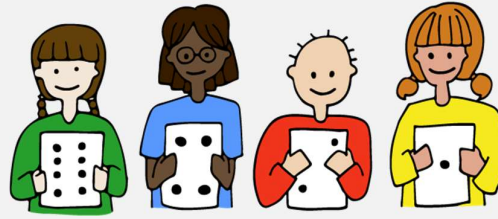
Logic Gates with NPN Transistors. (2019). Acedido a 5 de maio de 2019 <https://www.instructables.com/id/Logic-Gates-with-NPN-transistors/>

Half-Adder. Acedido a 6 de maio de 2019 <http://isweb.redwoods.edu/instruct/calderwoodd/diglogic/half-add.htm>
Full-Adder. Acedido a 6 de maio de 2019 <http://isweb.redwoods.edu/instruct/calderwoodd/diglogic/full.htm>

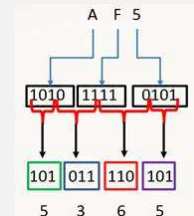
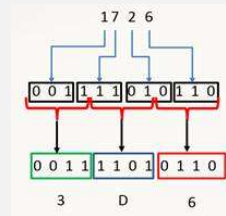
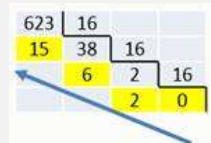
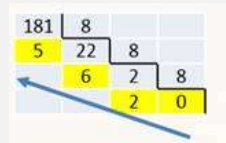
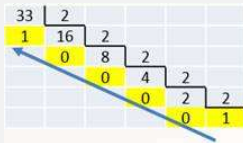
4-bit Binary adder. Acedido a 6 de maio de 2019 <https://www.instructables.com/id/4-Bit-Binary-Adder-Mini-Calculator/>

Sugestões de Dinamização das Atividades

Contagem em binário



Conversão entre bases numéricas



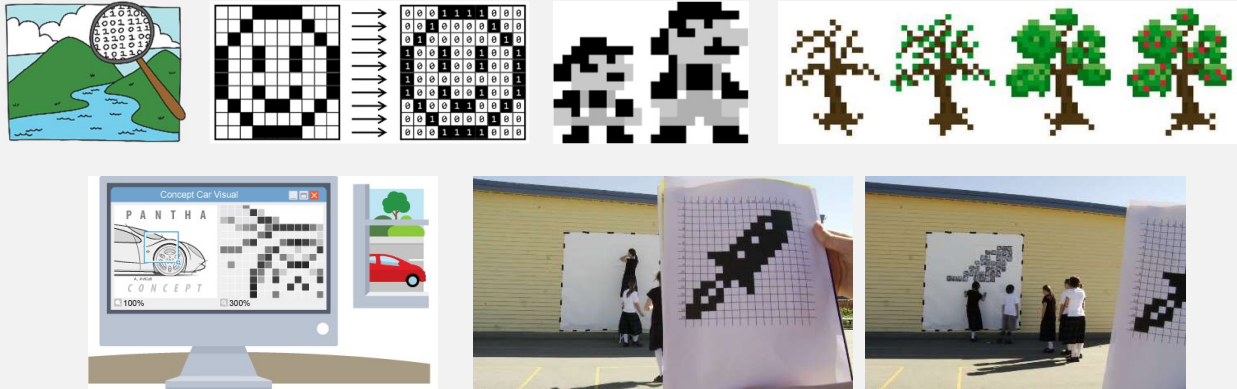
Representação do alfabeto em binário (ASCII)

USASCII code chart

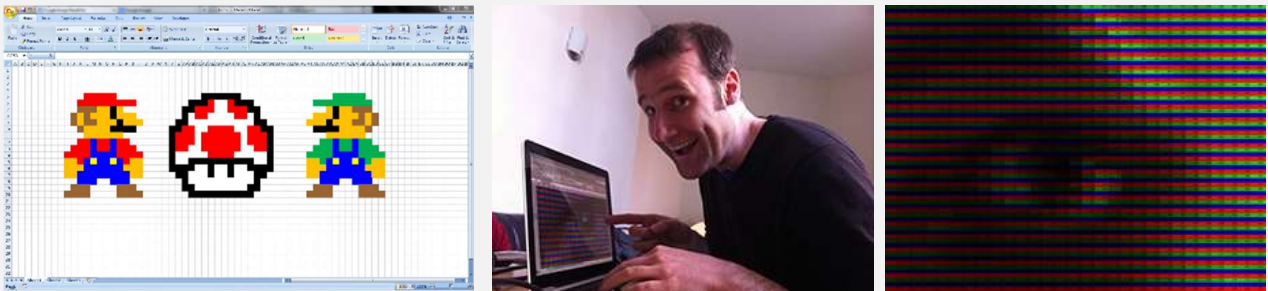
Bits		Column				Row			
b ₇	b ₆	b ₅	b ₄	b ₃	b ₂	b ₁	b ₀		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	1	0	2	2
0	0	0	0	0	0	1	1	3	3
0	0	0	0	0	1	0	0	4	4
0	0	0	0	0	1	0	1	5	5
0	0	0	0	0	1	1	0	6	6
0	0	0	0	0	1	1	1	7	7
0	0	0	1	0	0	0	0	8	8
0	0	0	1	0	0	1	0	9	9
0	0	0	1	0	1	0	0	10	10
0	0	0	1	0	1	1	0	11	11
0	0	0	1	1	0	0	0	12	12
0	0	0	1	1	0	1	0	13	13
0	0	0	1	1	1	0	0	14	14
0	0	0	1	1	1	1	0	15	15
0	0	1	0	0	0	0	0	NUL	DLE
0	0	1	0	0	0	0	1	SP	0
0	0	1	0	0	0	1	1	!	1
0	0	1	0	0	1	0	0	"	2
0	0	1	0	0	1	0	1	#	3
0	0	1	0	0	1	1	0	\$	4
0	0	1	0	1	0	0	0	%	5
0	0	1	0	1	0	0	1	&	6
0	0	1	0	1	0	1	0	'	7
0	0	1	0	1	0	1	1	(	8
0	0	1	1	0	0	0	0	)	9
0	0	1	1	0	0	0	1	*	:
0	0	1	1	0	0	0	1	;	<
0	0	1	1	0	0	1	0	+	=
0	0	1	1	0	0	1	1	,	>
0	0	1	1	0	1	0	0	-	~
0	0	1	1	0	1	0	1	.	o
0	0	1	1	0	1	1	0	/	?
0	0	1	1	1	0	0	0	/	?
0	0	1	1	1	0	0	1	/	?
0	0	1	1	1	0	1	0	/	?
0	0	1	1	1	0	1	1	/	?
0	0	1	1	1	1	0	0	/	?
0	0	1	1	1	1	0	1	/	?
0	0	1	1	1	1	0	1	/	?
0	0	1	1	1	1	1	0	/	?
0	0	1	1	1	1	1	1	/	?
0	1	0	0	0	0	0	0	ENQ	NAK
0	1	0	0	0	0	0	1	ACK	SYN
0	1	0	0	0	0	1	1	BEL	ETB
0	1	0	0	0	1	0	0	BS	CAN
0	1	0	0	0	1	0	1	HT	EM
0	1	0	0	1	0	0	0	LF	SUB
0	1	0	0	1	0	0	1	VT	ESC
0	1	0	0	1	0	1	0	FF	FS
0	1	0	0	1	0	1	1	CR	GS
0	1	0	1	0	0	0	0	SO	RS
0	1	0	1	0	0	0	1	SI	US
0	1	0	1	0	0	1	1	DEL	



Representação de imagens em binário



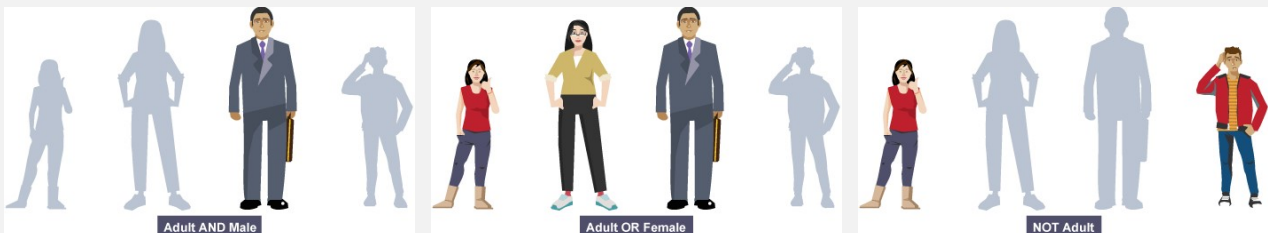
Representação de imagens em Excel



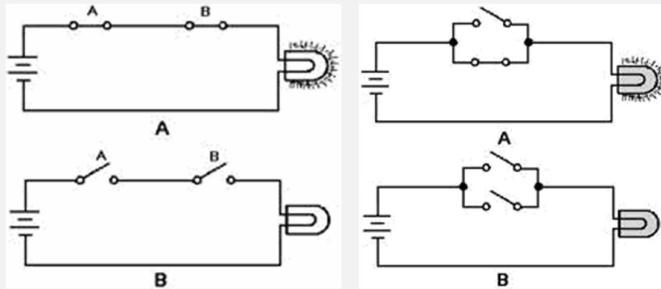
Pyramid, AND, OR, NOT gate – jogo de cartas



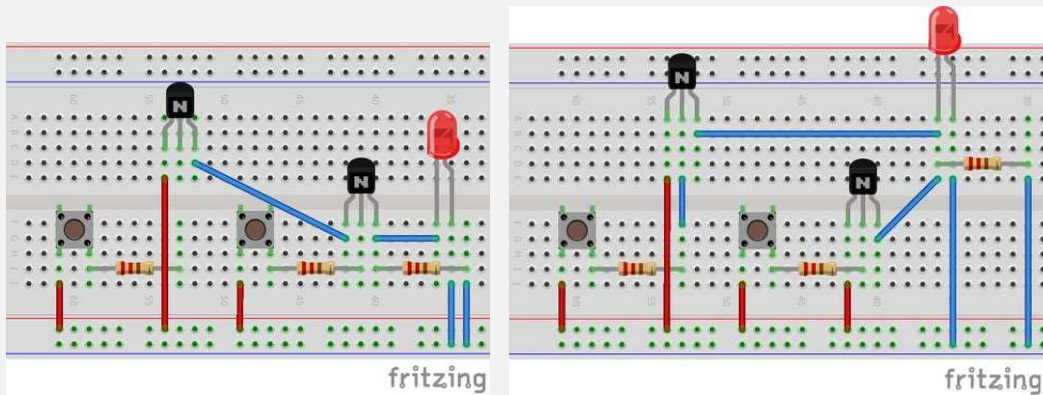
Lógica Simples



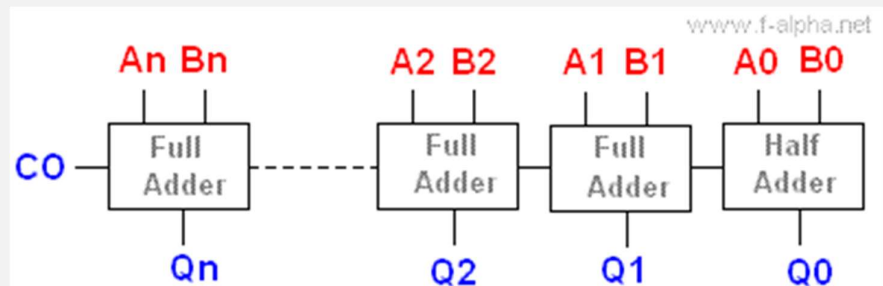
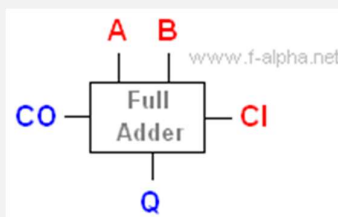
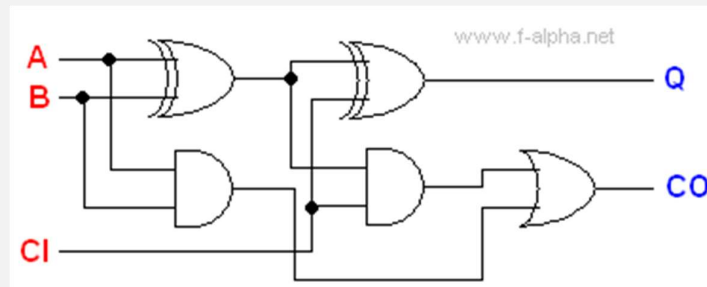
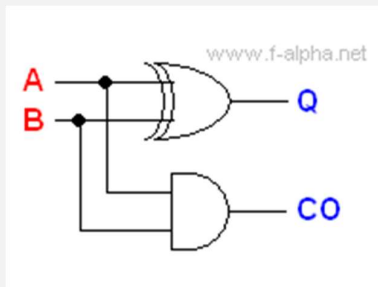
Portas Lógicas simples com circuitos elétricos



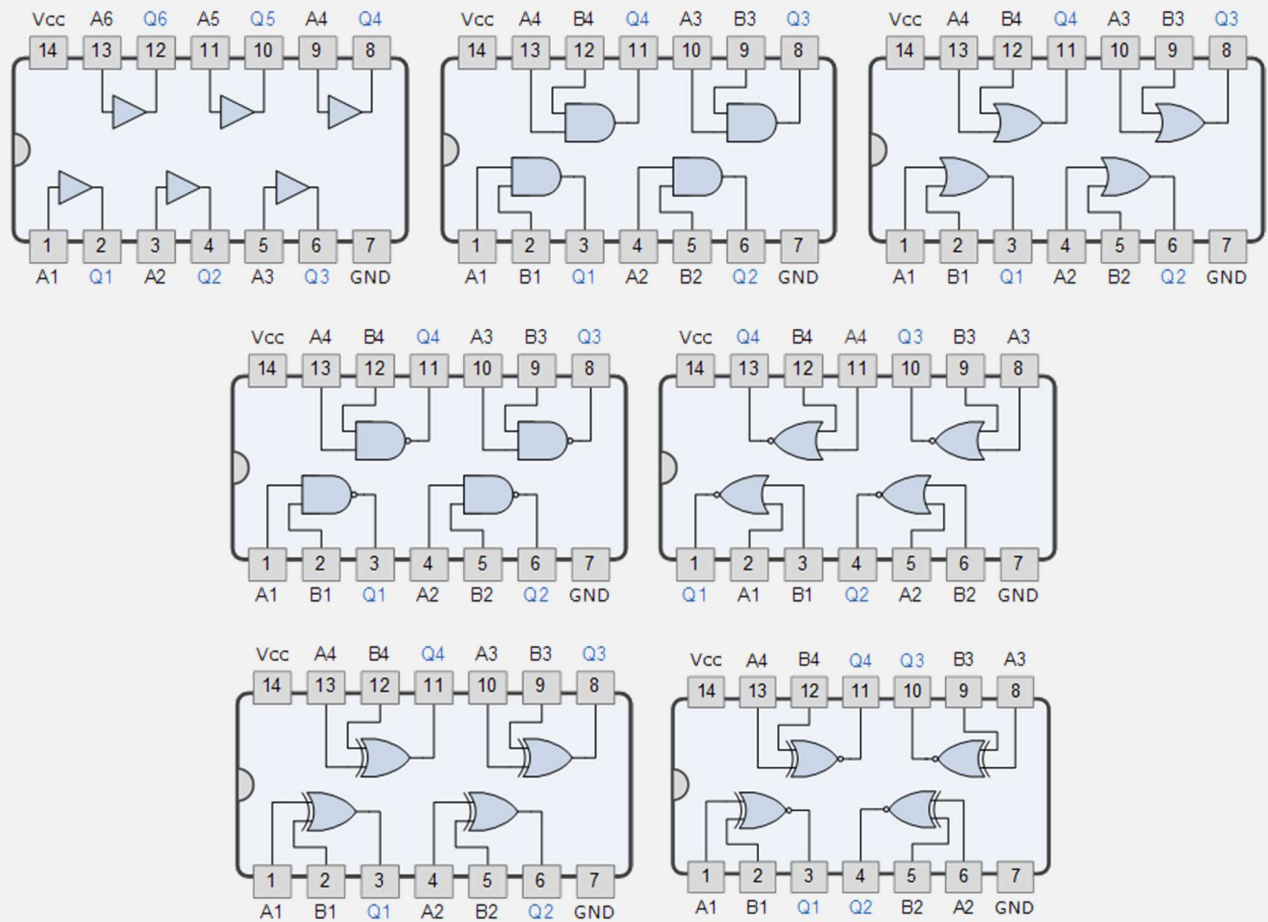
Portas Lógicas com transístores (AND e OR)



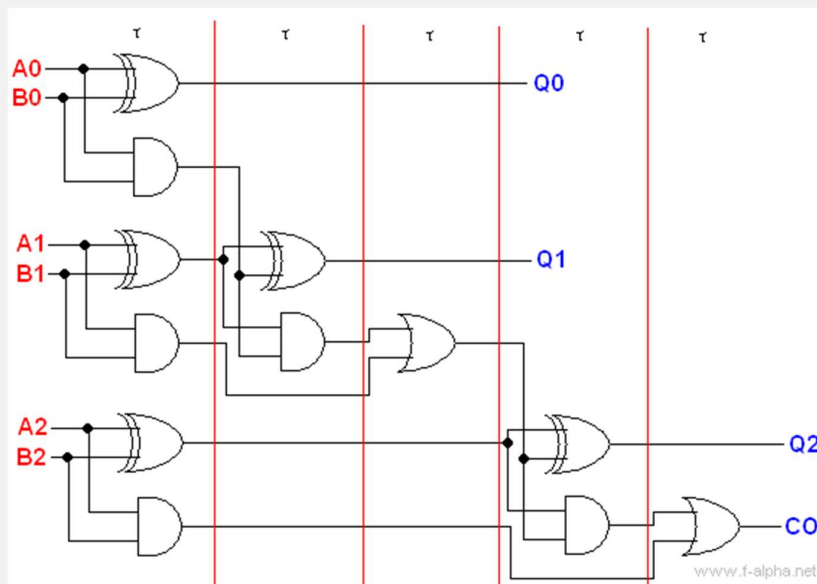
Soma simples (Half-Adder) e completa (Full-Adder) com carries (e vai um) e em sequência para incluir mais bits



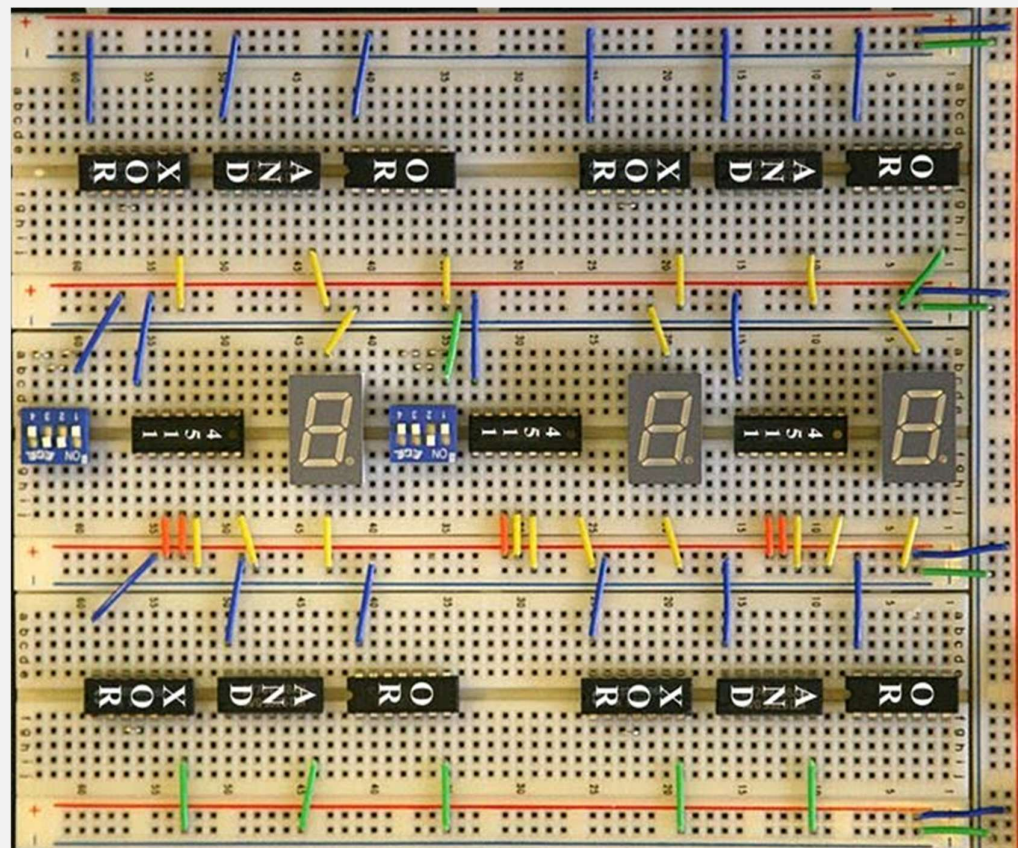
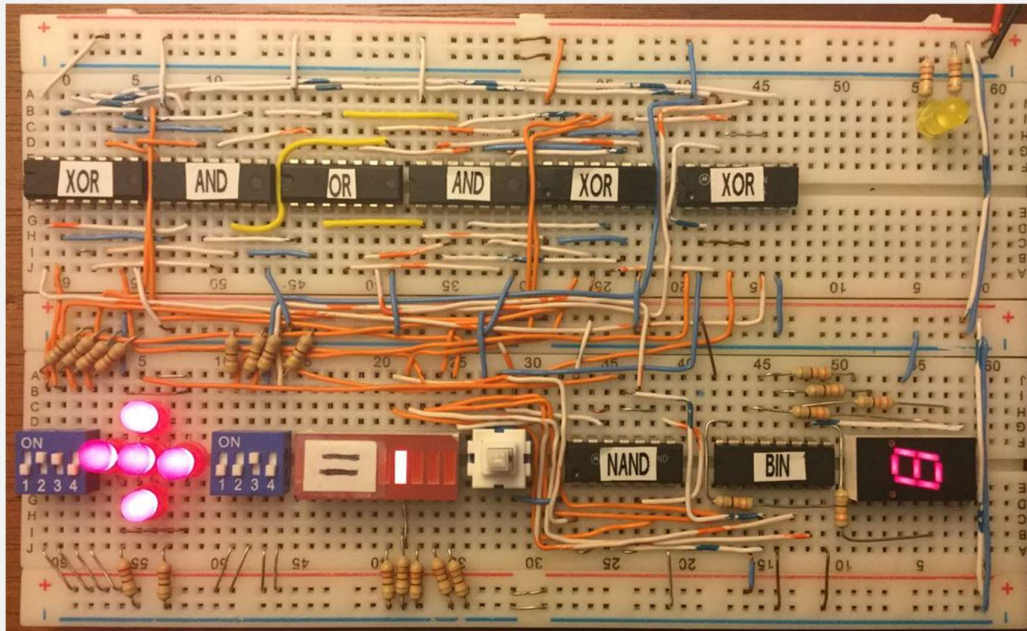
Circuitos Integrados com múltiplas Portas Lógicas (NOT, AND, OR, NAND, NOR, XOR, XNOR)



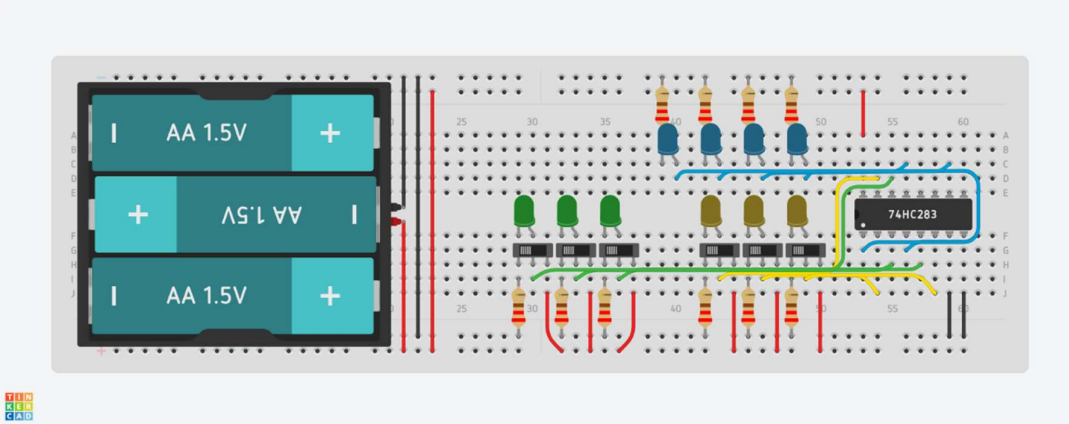
Circuito da soma de dois números binários de 3 bits



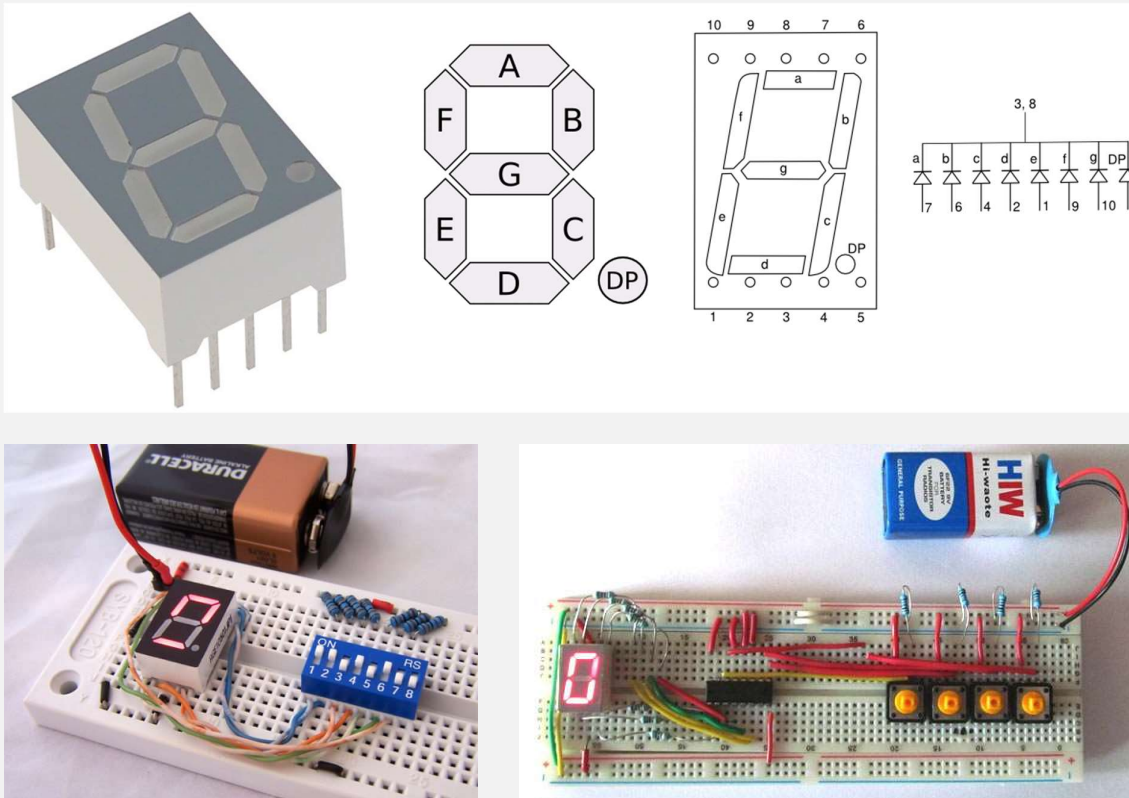
Calculadora de 4 bits com portas lógicas:



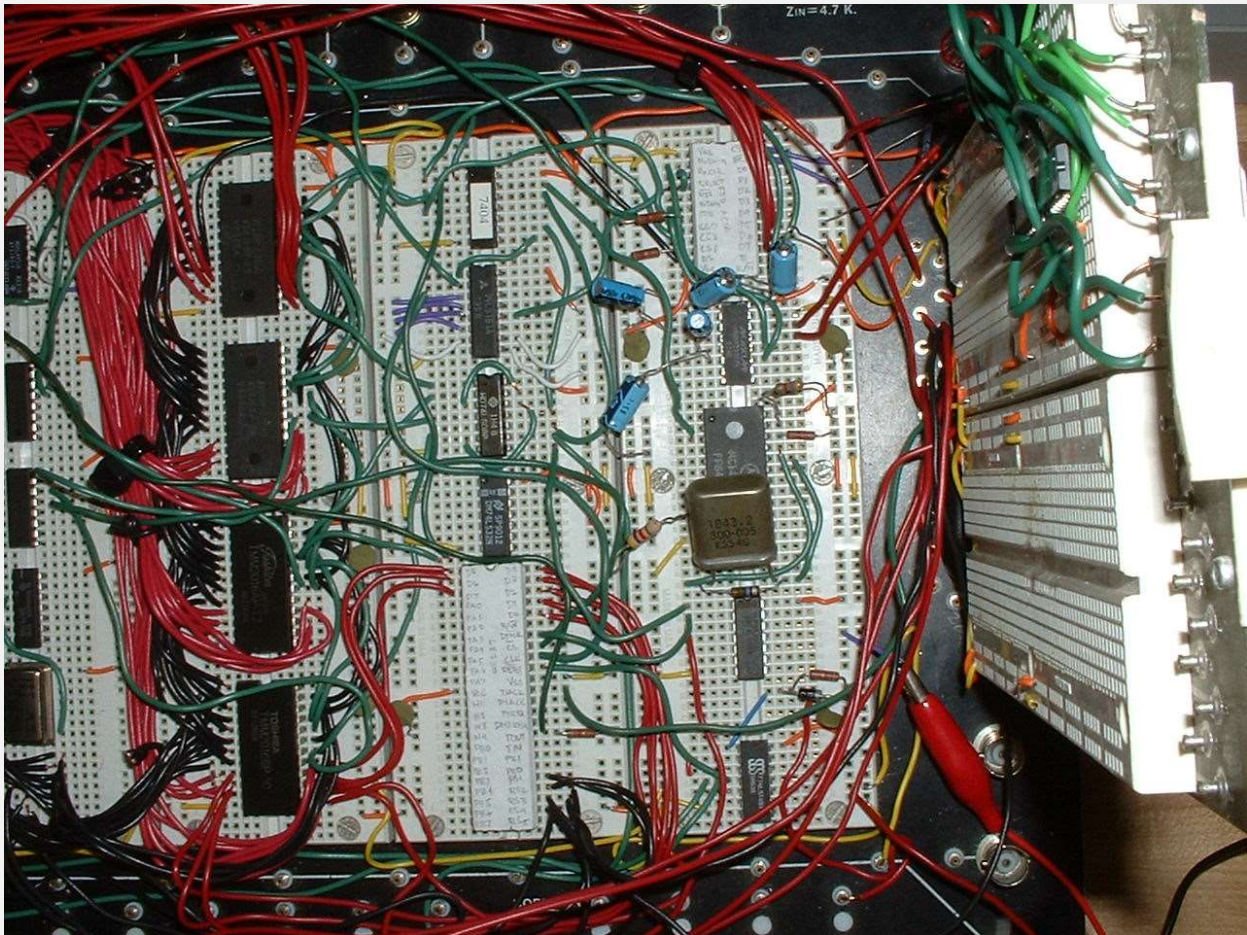
Calculadora de 3-bits com circuito integrado próprio



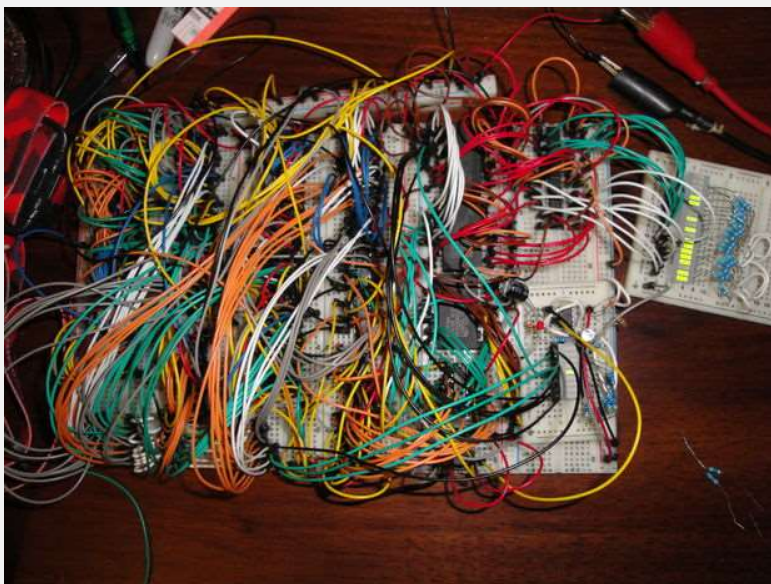
Experiências com o display de 7 segmentos com 7 DIP switches



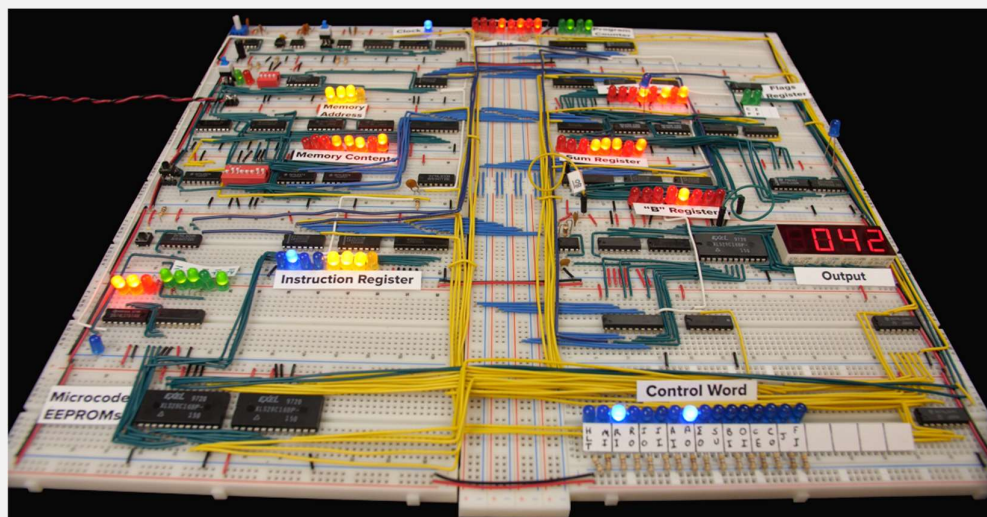
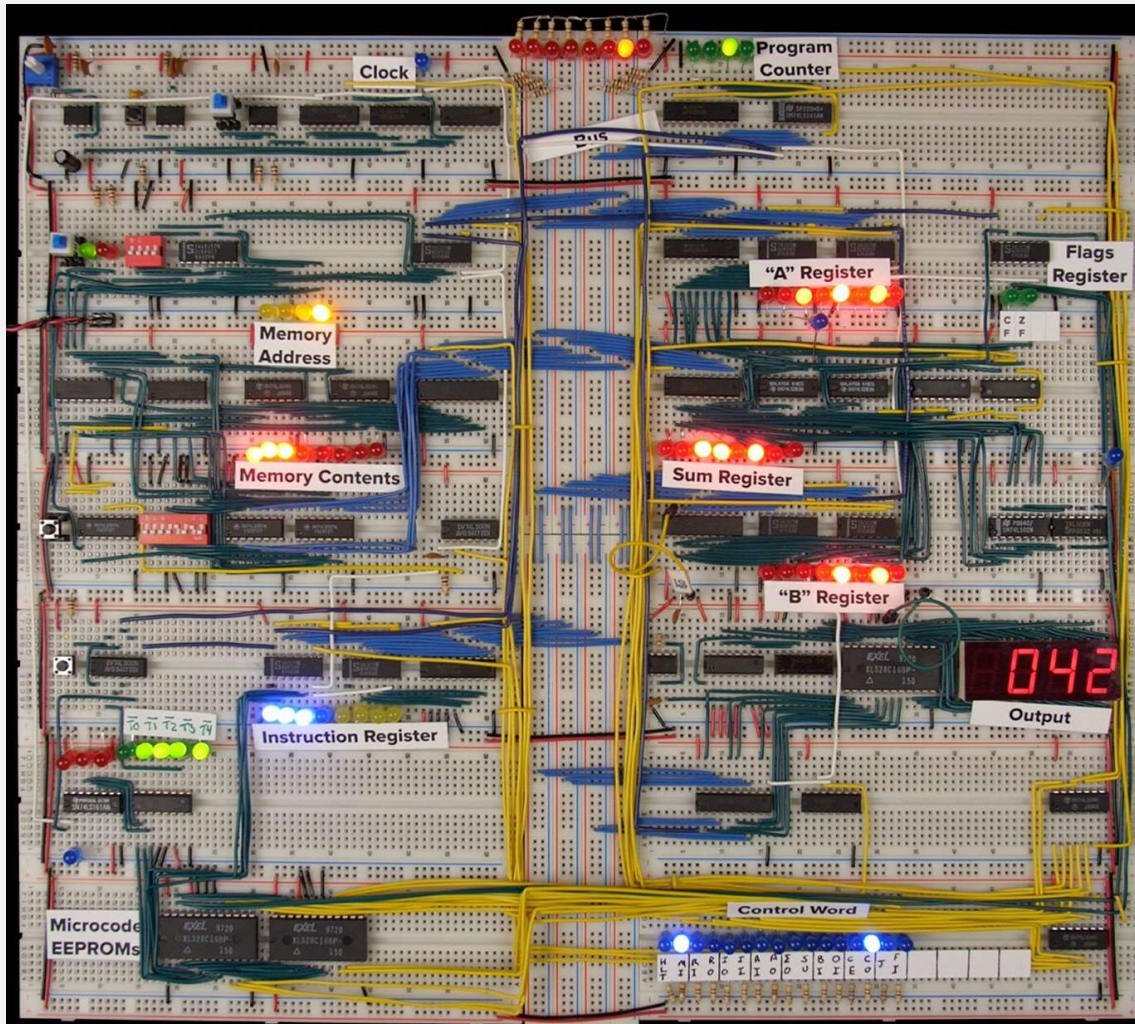
Organização de cabos: cuidado para que o resultado final não fique assim



Ou assim



Computador de 8-bits



Kit disponível em: <https://eater.net/8bit/kits> | Instruções: <https://eater.net/8bit/>