

LIÇÃO 10

APLICAÇÃO PARA OS CONTADORES DIGITAIS/DECODIFICADORES

Na lição anterior estudamos os contadores e divisores de frequências que consistem em blocos digitais utilizando *flip-flops*, elementos fundamentais para o projeto de circuitos. Na mesma lição vimos o funcionamento dos contadores em detalhes, analisando os diversos tipos possíveis e algumas alterações que podem ser feitas no seu modo de ligação e na própria utilização, de grande importância para os projetos práticos.

Nesta lição continuaremos a explorar o assunto, com a análise de alguns circuitos práticos que podem ser elaborados com base nos circuitos integrados TTL e CMOS que consistem em contadores e divisores de frequência.

Será muito importante o leitor prestar bastante atenção nestes blocos pela sua utilidade no projeto de grande quantidade de circuitos digitais e para o entendimento de circuitos equivalentes encontrados em computadores e outras aplicações semelhantes.

10.1 - CONTADORES/DIVISORES POR N

Dividir uma frequência por um valor qualquer (n) é um problema cuja solução pode ser muito importante para a implementação de um projeto digital.

Conforme vimos na lição anterior, a divisão natural de circuitos que usam *flip-flops* é por valores que sejam de potências de 2, conforme a **figura 1**.

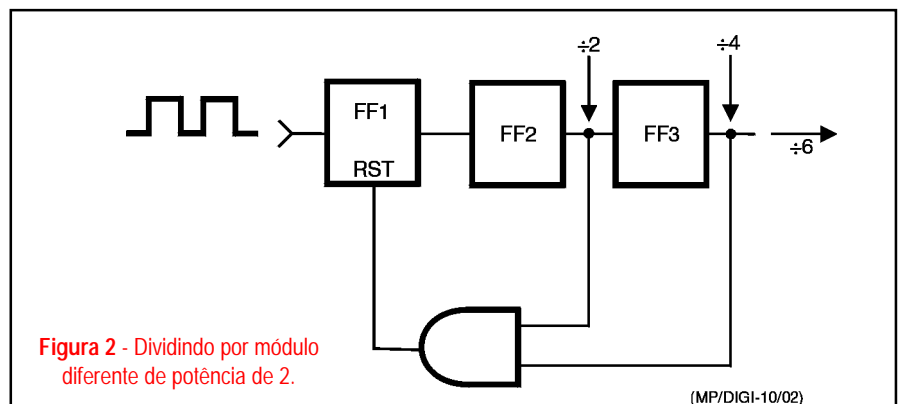
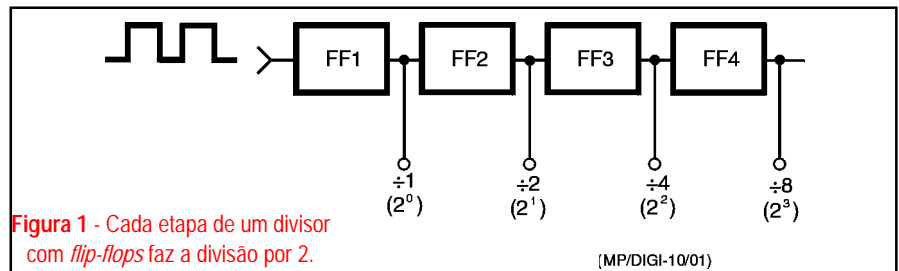
No entanto, usando recursos simples como portas, podemos alterar este comportamento e assim obter a divisão por qualquer número inteiro que seja menor que o valor n da divisão final do módulo ou contador, **figura 2**.

Na prática, temos contadores e divisores na forma de circuitos integrados digitais que podem ser usados na divisão por determinados números fixados por elementos internos do circuito e também podem ser usados na divisão por qualquer outro valor, quer seja por meio de programação, quer seja pelo uso de elemen-

tos externos, ou ainda pelos dois recursos. A programação consiste na interligação de determinados pinos, enquanto que o uso de portas consiste na ligação de funções lógicas determinadas entre pinos previamente fixados para esta finalidade.

Nesta lição veremos alguns circuitos práticos que podem ser usados na divisão de frequência, sendo, entretanto, interessante definir dois termos importantes que usaremos muitas vezes na definição das características destes circuitos.

a) Módulo - é o valor n ou valor máximo que um contador pode con-



tar. Por exemplo, um contador de módulo 8 é um contador que pode contar até 8 ou dividir uma frequência por valores até 8.

Se o contador tiver um módulo fixo, ele só pode dividir por este valor. No entanto, se o contador tiver um módulo variável, poderá dividir ou contar valores de 2 até este valor n. Conforme estudamos na lição anterior, o valor máximo até onde um contador pode ir é dado pelo número de *flip-flops* usados, verifique a **figura 3**.

b) Peso - num contador com saídas nos diversos *flip-flops*, a saída de cada um tem um certo "peso" na determinação do valor binário obtido na contagem.

Assim, para o circuito da **figura 4**, a saída QA tem peso 1, pois ela só pode variar entre 0 e 1. A saída QB por outro lado, tem peso 2, pois representa valores entre 0 e 2. A terceira saída (QC) tem peso 4, podendo significar valores 0 ou 4 da contagem, enquanto que QD tem peso 8, significando valores 0 ou 8, conforme esteja no nível baixo ou alto.

Assim, conforme vimos pelas tabelas verdade dos contadores, os níveis destas saídas dão o valor em binário da quantidade de pulsos de entrada contados.

c) Decodificação - alguns contadores que estudamos, como o 4017, possuem saídas decodificadas, pois elas não correspondem a valores em

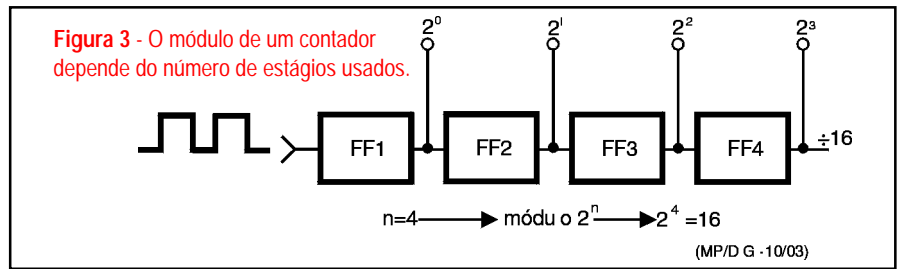


Figura 3 - O módulo de um contador depende do número de estágios usados.

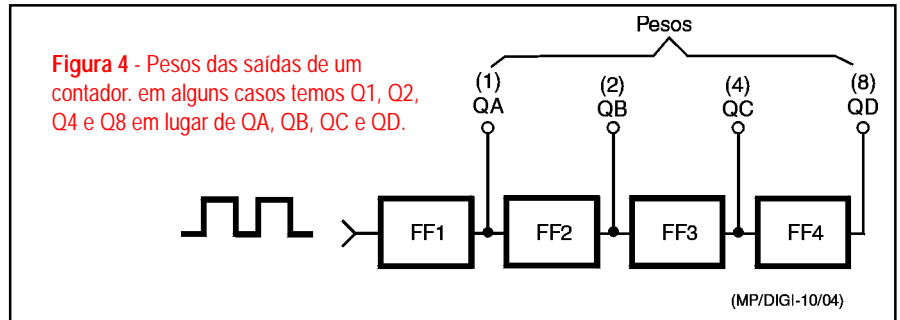


Figura 4 - Pesos das saídas de um contador. em alguns casos temos Q1, Q2, Q4 e Q8 em lugar de QA, QB, QC e QD.

binário, mas sim representados de outra forma.

No caso do 4017, a saída é decodificada para 1 de 10, no sentido de que apenas uma delas está no nível alto para cada número da contagem.

d) Cascateável - A ligação em cascata ou um após outro é importante quando desejamos fazer a contagem até valores que um único circuito integrado não alcance.

Assim, dizemos que os contadores são "cascateáveis" quando podem ser ligados da forma indicada, mostrada na **figura 5**.

Quando ligamos contadores em cascata, o módulo final obtido passa a ser o produto dos módulos dos contadores associados. Por exemplo, ligando um contador/divisor de módulo 10 em cascata com um de módulo 6, obtemos um contador/divisor de módulo 60, **figura 6**.

Esta é uma configuração muito usada em relógios digitais que

produzem um pulso por segundo (1 Hz), dividindo a frequência da rede (60 Hz) por 60.

10.2 - CIRCUITOS PRÁTICOS

Daremos a seguir uma série de circuitos práticos de divisores usando circuitos integrados TTL e CMOS, que podem ser usados em projetos em que se deseja fazer a divisão ou contagem em diversos módulos a partir de 2.

a) Divisor por 2

Os dois circuitos mostrados na **figura 7**, com base nos circuitos integrados TTL 74107 e 7474, que contém *flip-flops* J-K e tipo D, fazem a divisão da frequência de entrada por 2.

Observe que o primeiro circuito dispara na transição negativa do sinal de *clock*, enquanto o segundo dispara na transição positiva do sinal de *clock*.

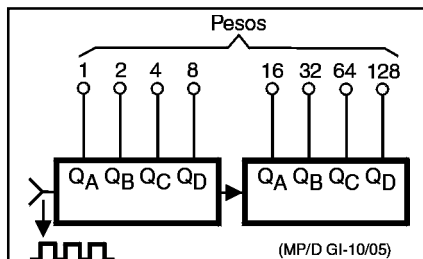


Figura 5 - Dois contadores "cascateados" para obtenção de módulo maior. Por este circuito o módulo é $16 \times 16 = 256$.

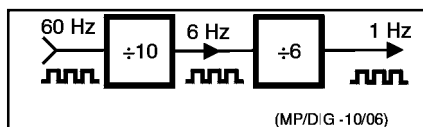


Figura 6 - Um divisor de módulo 10 em cascata com um módulo 6 resulta num divisor de módulo 60.

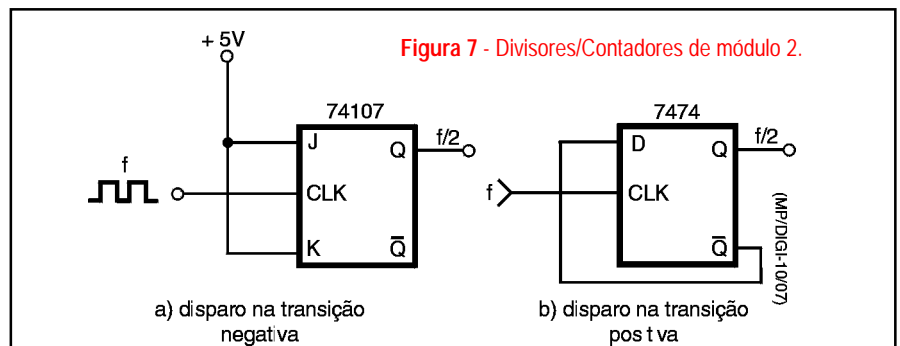


Figura 7 - Divisores/Contadores de módulo 2.

b) Divisores por 3

Divisores por 3 com base em *flip-flops* TTL e portas são mostrados a seguir. O primeiro, mostrado na figura 8, usa dois *flip-flops* do 74107 e uma porta NAND 7400.

Este circuito foi estudado na lição anterior, consistindo num contador decodificado com saída 1-de-3.

O segundo é mostrado na figura 9 e faz uso do mesmo circuito integrado 74107 e duas portas NOR do 7402.

Este circuito se caracteriza por ter uma saída simétrica, ou seja, com ciclo ativo de 50%.

c) Divisores por 4

Na figura 10 temos três circuitos práticos que permitem fazer a divisão ou contagem até 4. Todos eles se baseiam em circuitos integrados TTL comuns, que já estudamos na lição anterior.

d) Divisores por 5

Usando circuitos integrados TTL e CMOS, temos diversas possibilidades de implementar divisores de frequência ou contadores de módulo 5.

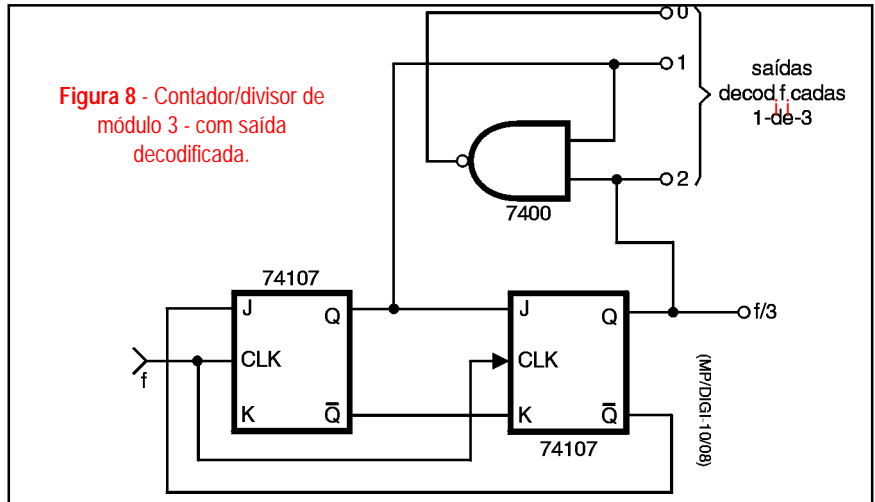


Figura 8 - Contador/divisor de módulo 3 - com saída decodificada.

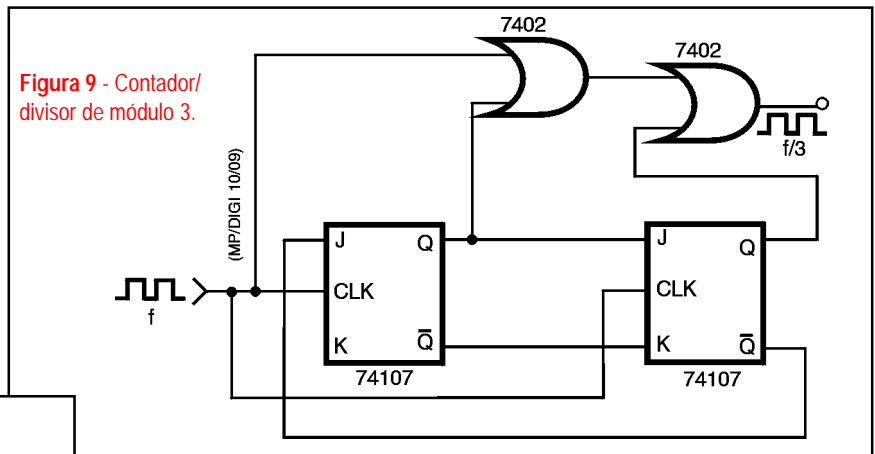


Figura 9 - Contador/divisor de módulo 3.

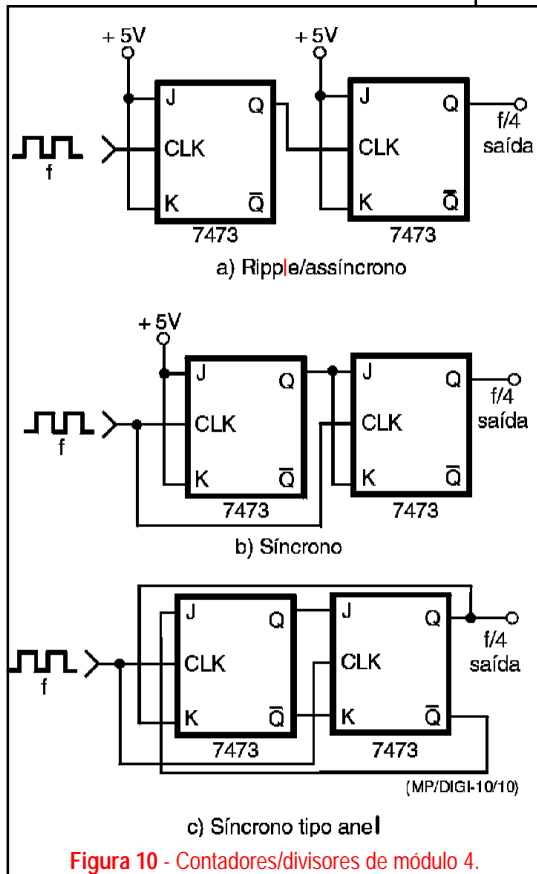


Figura 10 - Contadores/divisores de módulo 4.

Quatro destes circuitos são mostrados na figura 11.

Observe que o circuito 7490 é usado de forma direta, pois, como vimos, ele já possui internamente um divisor por 5. Este circuito tem algumas desvantagens que podem ser superadas com o uso de versões mais modernas como o 74290 e 74293.

O circuito com o 4018 é interessante, pois este componente é um contador “programado”. Basta aplicar nas entradas de programação (L) o número na forma binária para o qual se deseja fazer a divisão.

Por exemplo, para dividir por 5 (0101), basta levar as entradas L_2 e L_4 ao nível baixo e as entradas L_1 e L_3 ao nível alto, pois este circuito é um “down counter”.

Observe no caso do 8281, que é necessário o uso de um par de resistores na entrada para a sua polarização.

e) Divisores por 6

Na figura 12 damos quatro configurações com apenas um circuito integrado cada uma, que podem ser usadas para fazer a contagem de módulo 6.

Novamente encontramos o 4018, que apenas recebe a programação apropriada nas entradas L, conforme vimos no caso anterior e o 7490, que é bastante versátil neste tipo de aplicação. As características obtidas em cada caso são especificadas junto ao circuito correspondente.

Observe também os tipos de sinais usados para fazer o chaveamento de cada configuração, já que algumas disparam com a transição positiva do sinal de *clock*, enquanto outras disparam com a transição negativa do sinal de *clock*.

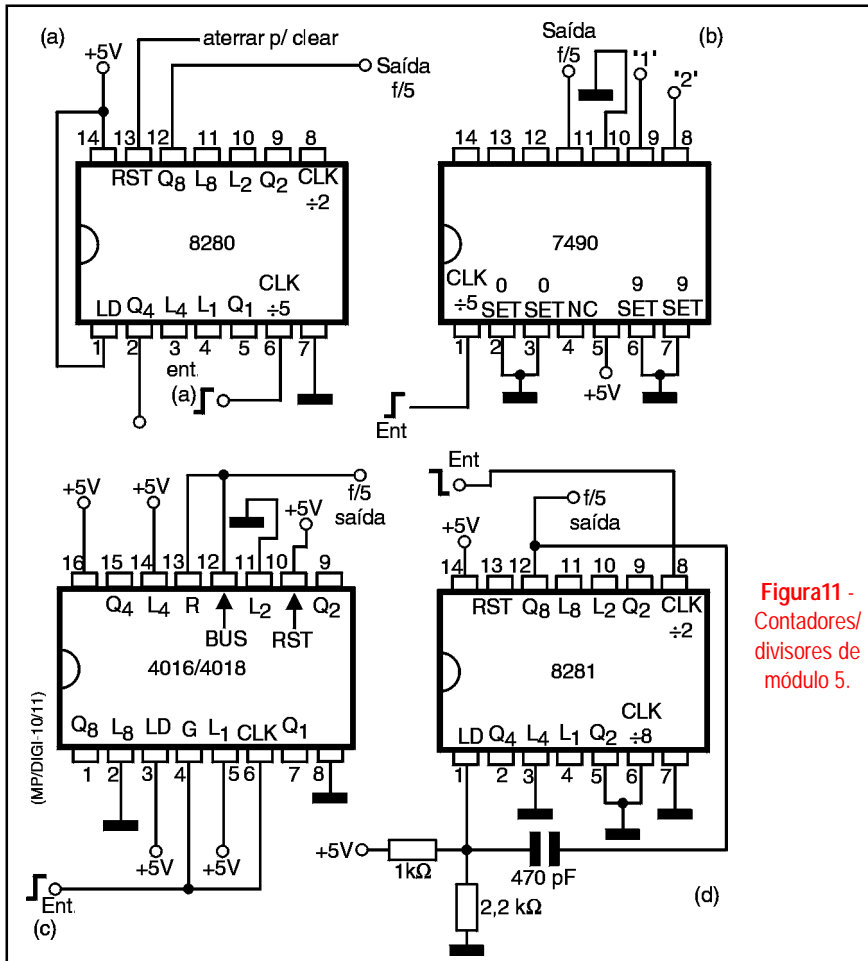


Figura11 - Contadores/divisores de módulo 5.

f) Divisores por 7

A divisão ou contagem em módulo 7 pode ser feita basicamente com os mesmos circuitos que usamos para o caso do módulo 6. Estes circuitos são mostrados na **figura 13**.

Veja que neste caso, em dois deles, precisamos usar portas externas para obter a divisão pelo módulo desejado.

Um tipo de funcionamento interessante é o usado no caso do 4018, que conta regressivamente. Neste circuito ele conta a partir de 7 até 0 e quando chega ao zero, salta novamente para 7, recomeçando a contagem.

Para o 74161, temos também uma modalidade de funcionamento bastante interessante: este circuito começa a contagem em 8 e vai até 15. Quando ele chega a esta contagem, o circuito recomeça, mas do pulso 8, de modo que no fundo temos a divisão por 7 como desejado.

Observe também o tipo de sinal de disparo de cada um dos tipos e as principais características indicadas junto a cada configuração.

g) Divisores por 8

Na figura 14 temos quatro circuitos de contadores/divisores de módulo 8 usando circuitos integrados TTL e CMOS.

Em cada bloco temos o tipo de disparo do circuito.

Assim, temos três configurações em que o disparo ocorre na transição negativa do sinal de clock e um circuito em que esse disparo ocorre na transição positiva.

Nas aplicações práticas, é muito importante observar qual é o tipo de sinal que fará o disparo, principalmente, nas que operam com lógica sincronizada.

Para os circuitos integrados 8281 e 7493, a contagem até 8 é normal, pois esses consistem em divisores com este módulo. No entanto, para o 8280 é preciso fazer uma programação. Assim, ele conta de 0 até 8 e quando chega em 8, volta novamente a zero.

h) Divisores por 9

Os circuitos contadores/divisores com módulo 9 são mostrados na **figura 15**.

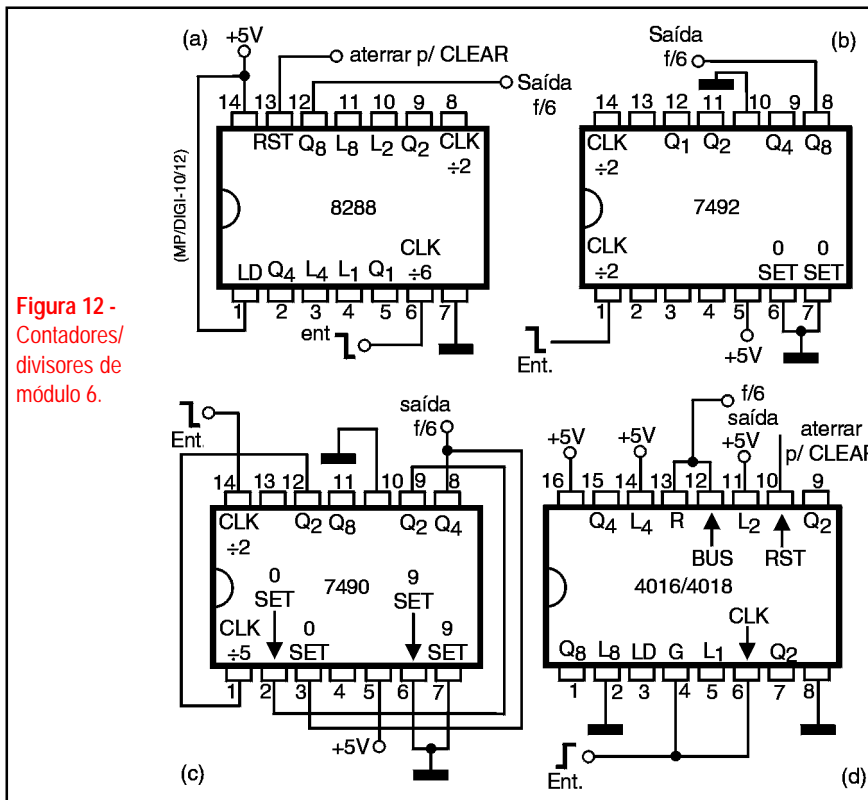


Figura 12 - Contadores/divisores de módulo 6.

Em nenhum deles é preciso usar portas ou outros componentes externos. Observe que devemos distinguir os simples divisores que fornecem uma saída com a frequência dividida por 10, dos contadores que possuem saídas com pesos 1,2,4,8 e que podem ser usados em muitas aplicações importantes, conforme veremos nas lições posteriores.

A contagem até 10 pode ser feita no sentido progressivo ou regressivo e isso é indicado em cada uma das configurações.

j) Divisores por 11

Divisores/contadores com módulo 11 podem ser elaborados com certa facilidade usando circuitos integrados comuns. Na figura 17 temos quatro exemplos de como isso pode ser feito, destacando-se o que faz uso do 4018, que é o único que não precisa de nenhum componente externo. Conforme vimos, o 4018 é contador regressivo e basta programar sua entrada para que ele faça a divisão pelo módulo desejado, o que simplifica

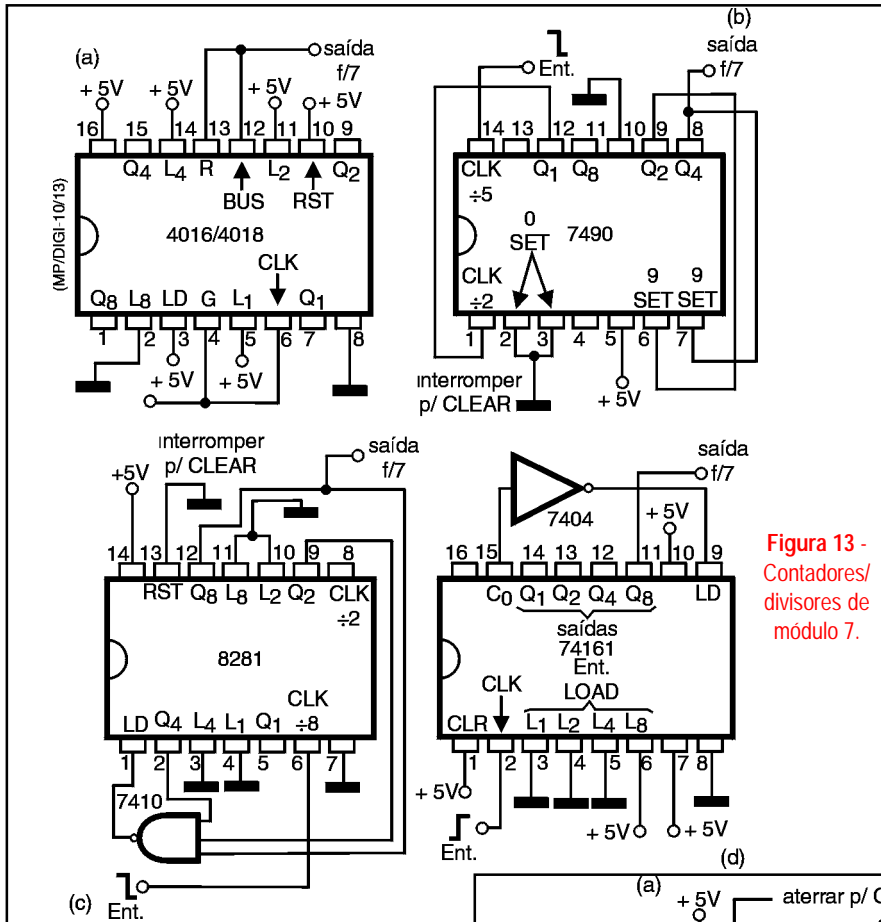


Figura 13 - Contadores/divisores de módulo 7.

A solução mais simples para obter um divisor por 9 consiste em ligar em cascata dois divisores por 3, como os que já vimos nesta lição.

No entanto, também podemos contar com alguns circuitos integrados que podem ser programados de modo relativamente simples para fazer isso, como os apresentados na figura 15.

Observe que dois circuitos comutam na transição positiva do sinal e dois circuitos comutam na transição negativa.

Veja também que em duas das configurações precisamos usar portas externas para obter o módulo desejado de contagem ou divisão.

Em todos os circuitos, o princípio de operação é o já visto na lição anterior: detecta-se o estado de contagem 9 para fazer o zeramento da contagem.

i) Divisores por 10

Na figura 16 temos 5 circuitos de divisores/contadores de módulo 10 usando integrados TTL e CMOS.

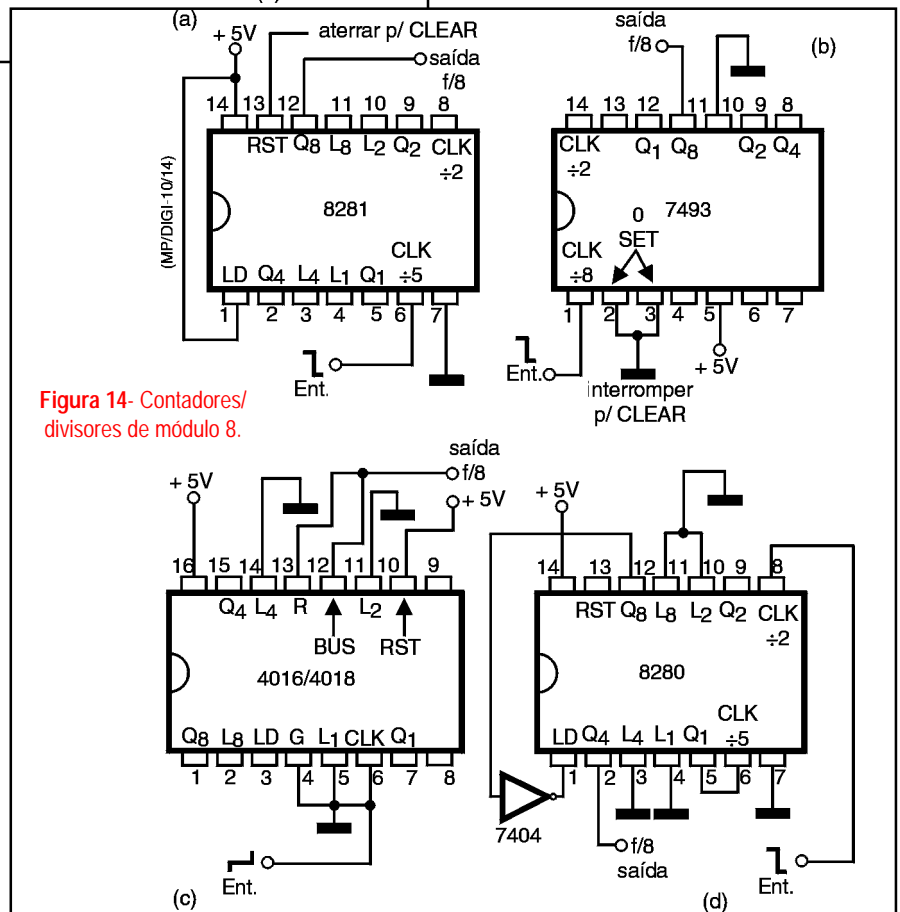


Figura 14 - Contadores/divisores de módulo 8.

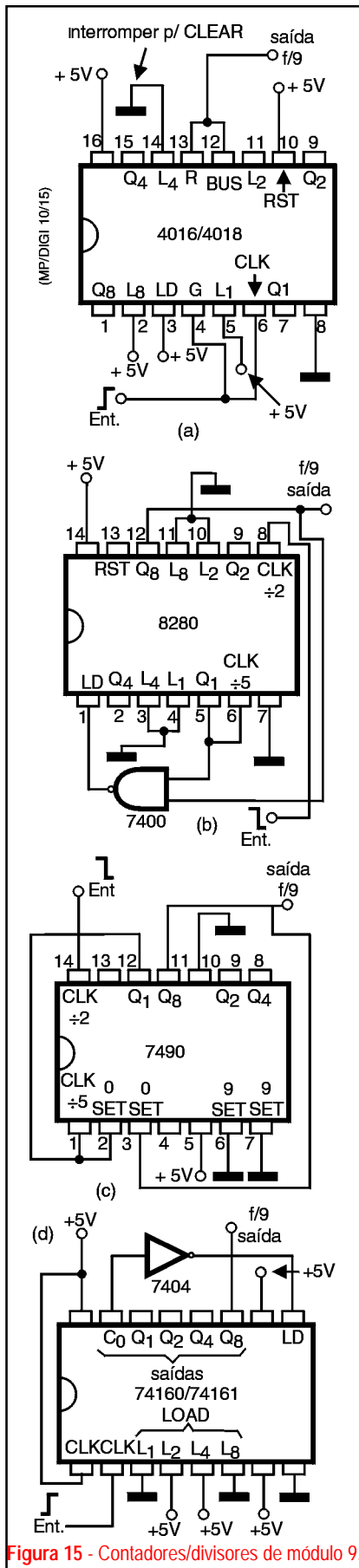


Figura 15 - Contadores/divisores de módulo 9.

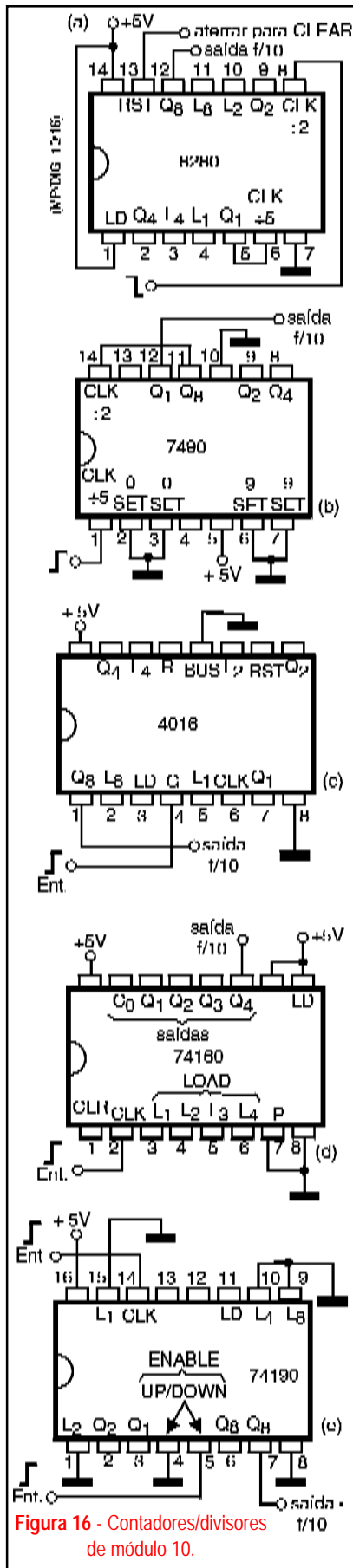


Figura 16 - Contadores/divisores de módulo 10.

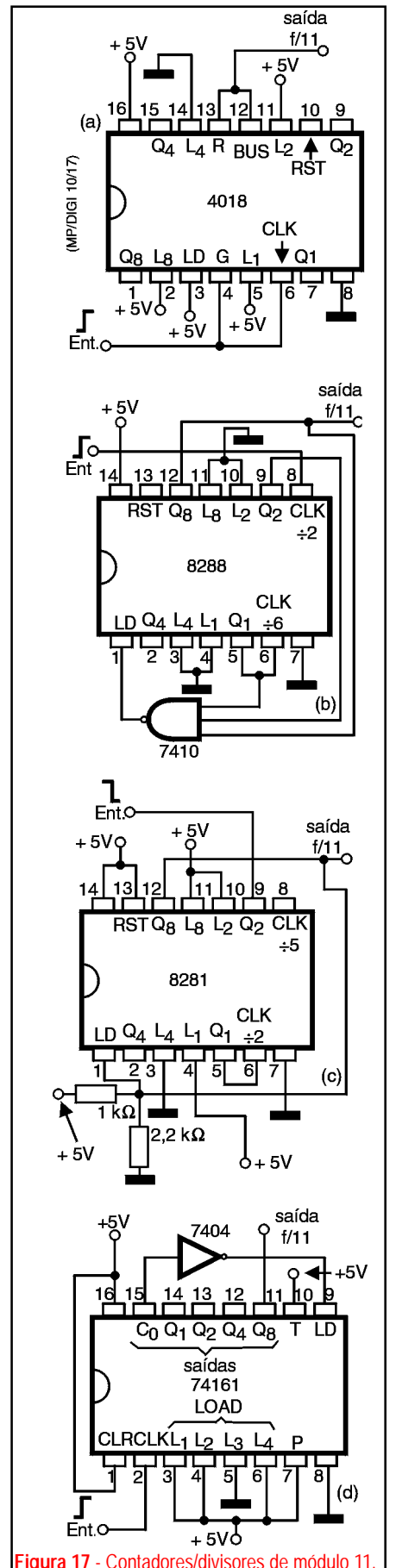


Figura 17 - Contadores/divisores de módulo 11.

bastante os projetos que fazem seu uso.

Para os demais, temos como destaque o que faz uso do 74161 e 8288 que necessitam de portas externas.

k) Divisores por 12

Quatro configurações de divisores por 12 são mostradas na **figura 18**.

Duas delas comutam na transição negativa do sinal de *clock*, enquanto

que outras duas comutam na transição positiva. Observe que apenas uma delas, a que faz uso do circuito integrado 74161, necessita de um inversor externo.

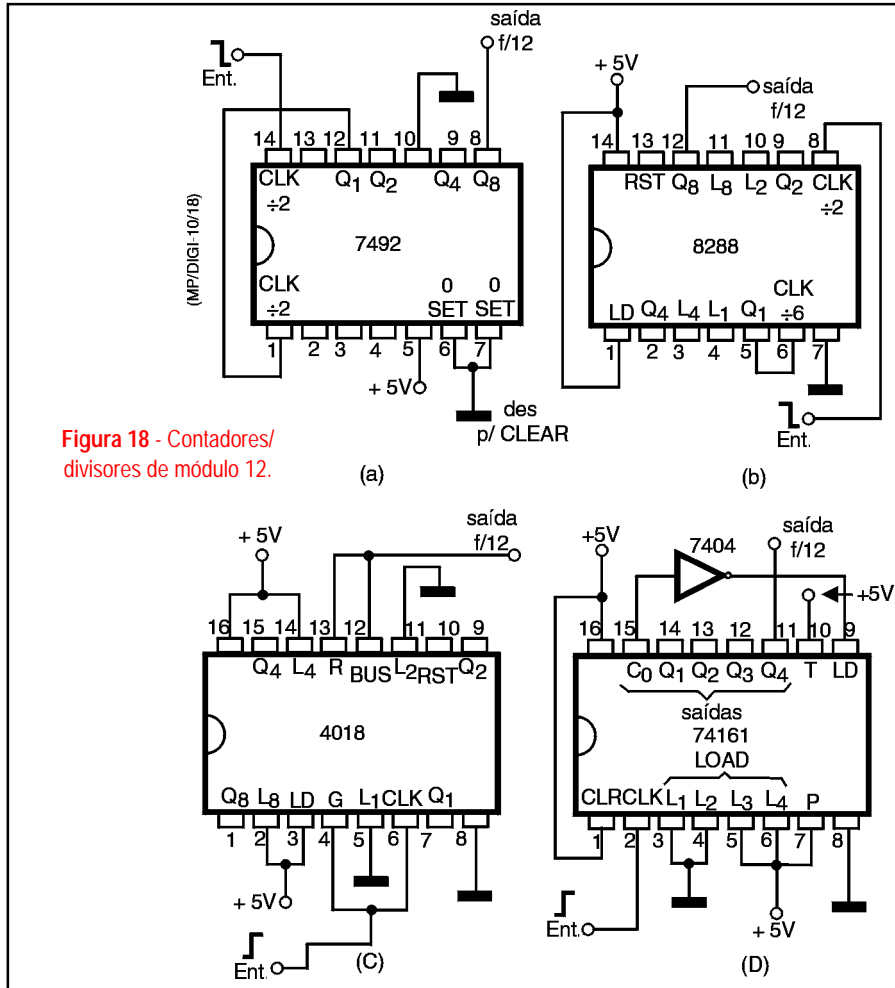


Figura 18 - Contadores/divisores de módulo 12.

l) Divisor por 13

A divisão pelo módulo 13 pode ser feita com os dois circuitos mostrados na **figura 19**.

A mais simples é a que faz uso do contador regressivo 4018, que tem a programação digital para este valor nas entradas correspondentes. A utilização do 8281 tem por desvantagem a necessidade de alguns componentes externos adicionais.

m) Divisor por 14

A divisão por 14 pode ser feita pelos circuitos integrados 8281 e 74161 na configuração mostrada na **figura 20**.

Veja que nos dois casos precisa-se usar duas funções externas para

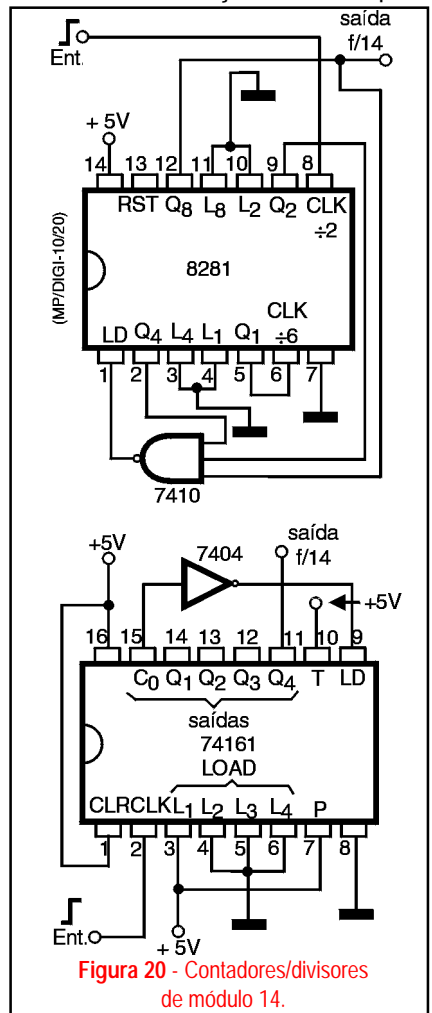


Figura 19 - Contadores/divisores de módulo 13.

Figura 20 - Contadores/divisores de módulo 14.

obter o módulo desejado. Um dos circuitos opera com a transição positiva do sinal de *clock*, enquanto o outro opera com a transição negativa do sinal de *clock*.

n) Divisão por 15

A divisão/contagem até 15 pode ser feita com os circuitos mostrados na **figura 21**.

Com o uso do 4018 temos a configuração mais simples, já que não precisamos de nenhum componente externo, mas tão somente programar as entradas de programação para dividir pelo módulo desejado. Já com o uso do 74161 (TTL) precisamos usar um inversor externo.

Os dois circuitos operam com a transição positiva do sinal de *clock*. Em se necessitando de uma operação com a transição negativa, basta agregar um inversor na entrada.

o) Divisão por 16

A divisão pelo módulo 16 é relati-

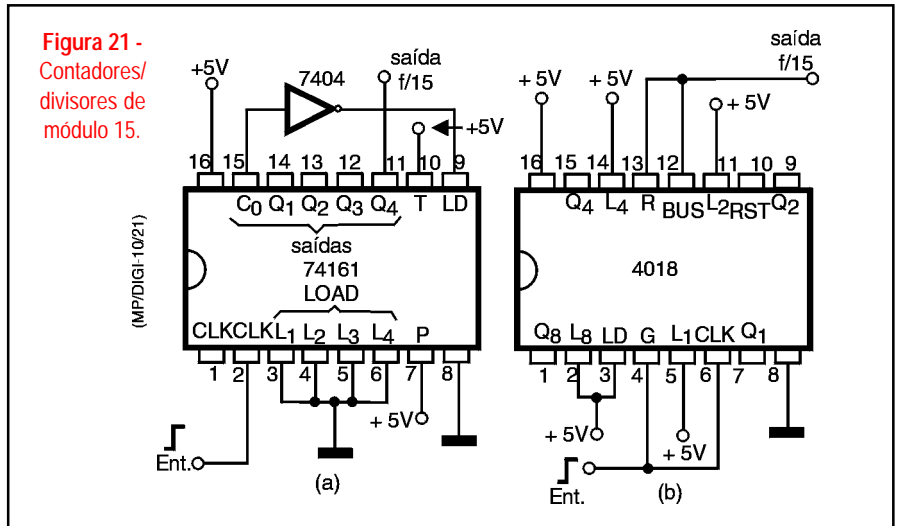


Figura 21 - Contadores/divisores de módulo 15.

vamente simples, pois se trata de valor normal para 4 *flip-flops* ligados em cascata. Assim, conforme observamos na **figura 22**, as configurações de divisores/contadores com este módulo são relativamente simples.

Os quatro divisores/contadores possuem saídas com pesos 1-2-4-8

acessíveis, o que pode ser muito importante nas aplicações em que se deseja a função de contador.

Dois dos circuitos operam com a transição positiva do sinal de *clock*, enquanto que outros dois operam com a transição negativa do sinal de *clock*.

QUESTIONÁRIO

1. Um contador binário tem 4 estágios. Seu módulo de contagem é:

- a) 2
- b) 4
- c) 8
- d) 16

2. Ligando em cascata um divisor de frequência por 4 e um divisor por 12 obtemos um circuito capaz de dividir a frequência por:

- a) 8
- b) 16
- c) 48
- d) 24

3. Num contador temos saídas de pesos 1-2-4-8. Aplicando um sinal de 160 Hz na entrada deste contador, qual será a frequência do sinal obtido na saída de peso 4?

- a) 20 Hz
- b) 40 Hz
- c) 80 Hz
- d) 160 Hz

Respostas:
1-d, 2-d, 3-a,

■ (digi-10)

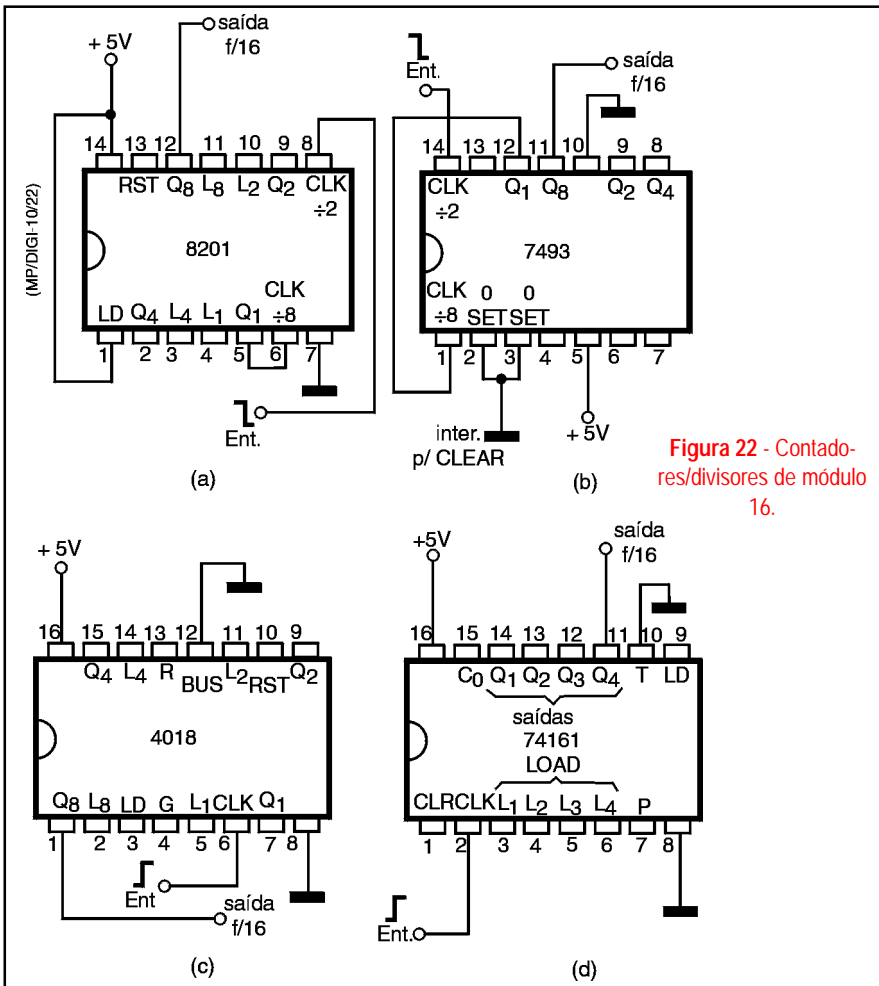


Figura 22 - Contadores/divisores de módulo 16.