



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAL – INPE

PROVA DISCURSIVA

TG40

DESENVOLVIMENTO DE INSTRUMENTAÇÃO CIENTÍFICA PARA PROJETOS ESPACIAIS



SUA PROVA

- Além deste caderno contendo **5 (cinco)** questões discursivas **com as respectivas folhas de rascunho**, você receberá do fiscal de prova as folhas de textos definitivos;



TEMPO

- Você dispõe de **4 (quatro) horas** para a realização da prova;
- **2 (duas) horas** após o início da prova, é possível retirar-se da sala, sem levar o caderno de questões;
- A partir dos **30 (trinta) minutos** anteriores ao término da prova é possível retirar-se da sala **levando o caderno de questões**.



NÃO SERÁ PERMITIDO

- Qualquer tipo de comunicação entre os candidatos durante a aplicação da prova;
- Anotar informações relativas às respostas em qualquer outro meio que não seja no caderno de questões e nas folhas de textos definitivos;
- Levantar da cadeira sem autorização do fiscal de sala;
- Usar o sanitário ao término da prova, após deixar a sala.



INFORMAÇÕES GERAIS

- Verifique se seu caderno de questões está completo, sem repetição de questões ou falhas. Caso contrário, **notifique imediatamente o fiscal da sala**, para que sejam tomadas as devidas providências;
- Confira seus dados pessoais, especialmente nome, número de inscrição e documento de identidade e leia atentamente as instruções para preencher as folhas de textos definitivos;
- Para o preenchimento das folhas de textos definitivos, use somente caneta esferográfica, fabricada em material transparente, com tinta preta ou azul;
- Assine seu nome apenas no(s) espaço(s) reservado(s) no cartão de respostas;
- Caso você tenha recebido caderno de cargo **diferente** do impresso em suas folhas de textos definitivos, o fiscal deve ser **obrigatoriamente** informado para o devido registro na ata da sala;
- O preenchimento das folhas de textos definitivos é de sua responsabilidade e **não será permitida a troca de folha de texto definitivo em caso de erro cometido pelo candidato**;
- Para fins de avaliação, serão levadas em consideração apenas os textos das folhas de textos definitivos;
- A FGV coletará as impressões digitais dos candidatos na lista de presença;
- Os candidatos serão submetidos ao sistema de detecção de metais quando do ingresso e da saída de sanitários durante a realização das provas.
- **Boa prova!**

Questão 1

Glossário:

Ampl FI: Amplificador de FI

DSB: double sideband – dupla banda lateral

FI: frequência intermediária

Fobs: frequência de observação

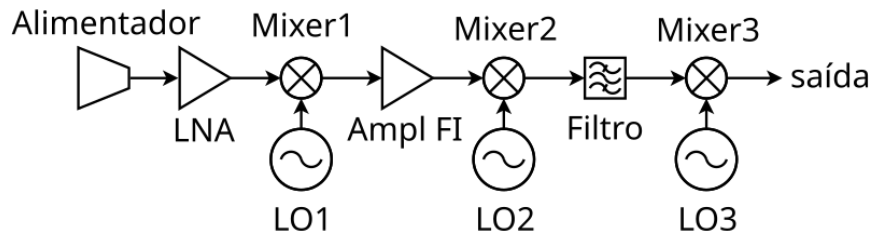
LNA: Low Noise Amplifier – Amplificador de baixo ruído

LO: Local oscillator – oscilador local

Mixer: misturador

RF: rádio-frequência

SDR: software defined radio – rádio definido por software



Um radiotelescópio possui um receptor de rádio superheterodino cuja cadeia é representada de maneira simplificada acima.

Bandas de operação:

LNA: 21,7 a 24,1 GHz

LO1: 12 a 14,5 GHz (ajustável)

Ampl FI: 9,3 a 10,2 GHz

LO2: 9,25 GHz (fixo)

Filtro: 250 a 300 MHz (passa banda)

LO3: 215 MHz (fixo)

Saída para o espectrógrafo: 35 a 85 MHz

Ganhos:

LNA: 26 dB

Amp FI: 20 dB

Perdas de Inserção:

Mixer1: 6 dB

Mixer2: 9 dB

Filtro: 2 dB

Mixer3: 6 dB

Importante: todos os misturadores (mixers) são DSB, então convertem tanto a banda superior quanto a inferior. Ou seja, tanto $RF = LO + FI$ quanto $RF = LO - FI$ (na entrada de RF) são convertidos para FI (na saída de FI).

- A) Calcule o ganho total da cadeia.
- B) Deseja-se observar um sinal $F_{obs}=22,235$ GHz, de maneira que apareça em 60 MHz na saída. Qual o valor de LO1?
 Nota: desenvolver o raciocínio partindo de Mixer3 em direção a Mixer1, e não o contrário.
- C) De maneira geral, mostre a expressão para obter LO1 em função da frequência de observação desejada, F_{obs} .
- D) Deseja-se usar um receptor SDR para substituir o espectrógrafo atual. Escolheu-se um modelo com entrada de até 6 GHz. É possível colocá-lo logo após o Ampl FI? E após o Mixer2? Justifique.

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

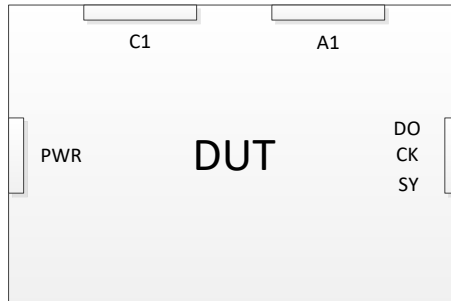
29

30

Questão 2

Deseja-se implementar uma montagem em laboratório para testar um equipamento (DUT) provido de conectores e representado na figura abaixo, com as seguintes características:

- (I) Conector de entrada de alimentação (PWR).
- (II) Conector de interface digital com uma entrada de comando C1 (Ativa/Desativa), para ativar operação do DUT.
- (III) Conector de interface analógica com uma saída analógica A1, para monitoramento de tensão interna.
- (IV) Conector de interface serial com saída DO de dados de 100 Mbit/s, uma saída CK de clock de 100 MHz e uma saída SY de sincronismo.



Considerando que, nesse laboratório, se tenha à disposição equipamentos que podem ser controlados remotamente por uma interface padrão, do tipo GPIB, ethernet ou USB, além de controladores providos com módulos de geração e aquisição de sinais analógicos e digitais e de módulos digitais com lógica reconfigurável (RHW) de alta velocidade, responda ao que se pede a seguir.

A) Defina os equipamentos necessários, descrevendo seus requisitos e a sua função na montagem, de forma a:

- (i) Suprir a alimentação com monitoramento da tensão e da corrente de alimentação.
- (ii) Acionar entradas digitais.
- (iii) Adquirir sinais analógicos.
- (iv) Registrar a forma de onda dos sinais da saída serial de dados.
- (v) Adquirir a saída serial, converter para palavras de 8 bits, armazenar os bytes em um buffer de memória em sincronismo com o sinal SY e, com o preenchimento do buffer, parar, sinalizar final de aquisição e comutar o acesso ao buffer para o controlador.
- (vi) Controlar o sistema de teste.

B) Identifique quais seriam os componentes básicos do circuito para aquisição de dados seriais, com as características acima citadas em (v).

C) Em uma rotina executada pelo controlador, quais seriam as instruções necessárias para ativar a aquisição de dados seriais, aguardar final de aquisição e ler o buffer de memória?

D) Hardwares reconfiguráveis são comumente baseados em FPGAs devido à sua versatilidade. Descreva brevemente uma arquitetura hipotética de um FPGA.

E) Estime com uma casa decimal o tempo de aquisição para um buffer de memória com 19 bits de endereço, ou seja, uma capacidade de 512 kbytes.

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

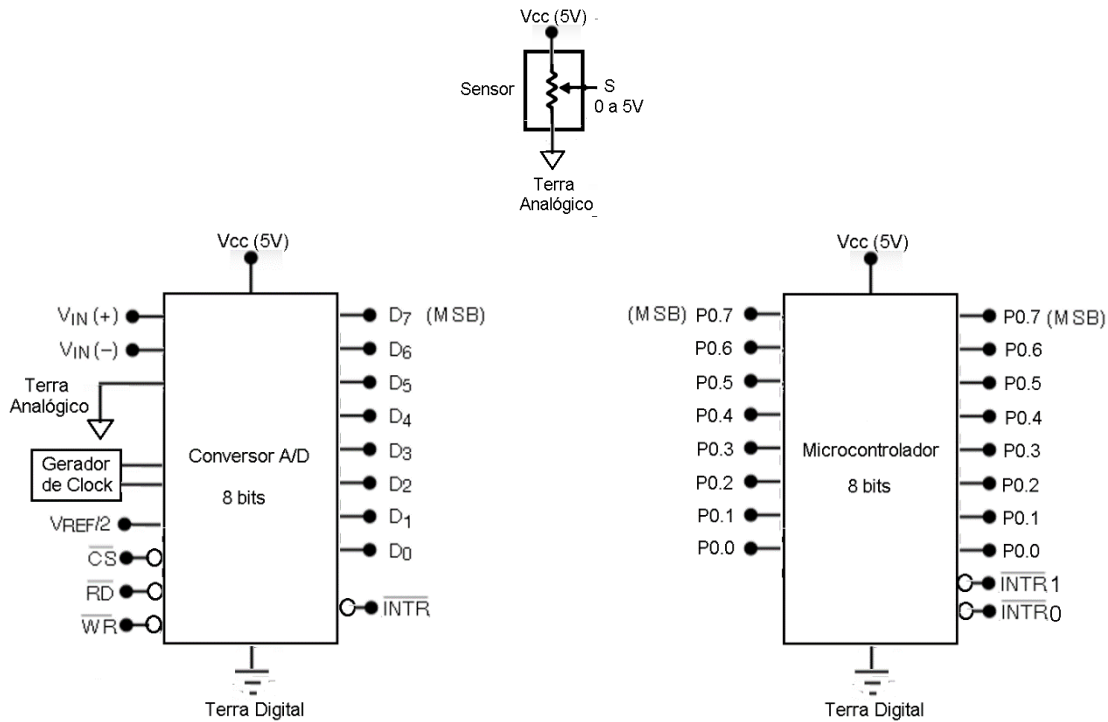
Questão 3

Deseja-se projetar um sistema baseado em um **Microcontrolador** para coletar dados de um **Sensor** que fornece um sinal analógico. Para tal dispõe-se dos seguintes dispositivos, descritos e representados simplificada a seguir:

- **Sensor:** fornece um sinal elétrico contínuo em sua saída **S**, proporcional à variação da grandeza física que ele mede. A faixa de excursão desse sinal é de **0 a 5 V**.
- **Conversor A/D:** converte sinais analógicos para 8 bits; possui tempo de conversão igual a **T_c**; a largura mínima dos sinais **RD/** e **WR/** é igual a **T_s**. Os valores de **T_c** e **T_s** estão na faixa de dezenas de microssegundos.
- **Microcontrolador:** possui 8 bits de palavra e duas portas de sinais digitais de 8 bits cada, cujos bits podem ser configurados, bit a bit, como entrada ou como saída, e dois sinais de interrupção (**INTR0/** e **INTR1/**). Não possui temporizadores internos disponíveis.

Observação: os sinais cujos nomes são sucedidos por / são ativos em nível lógico zero.

A representação simplificada dos dispositivos é apresentada a seguir.



Pede-se:

- Conecte o Conversor A/D ao Microcontrolador,
 - explicando como o sinal do Sensor **S** e os sinais do Conversor A/D **V_{in+}** e **V_{in-}** devem ser conectados, e como os dados desse conversor (**D0** a **D7**) podem ser conectados ao Microcontrolador;
 - explicando a função de cada um dos sinais **CS/**, **RD/** e **WR/** do conversor, indicando como eles podem ser conectados ao Microcontrolador;
 - explicando a função do sinal **V_{ref/2}** e que valor de tensão ele deve receber, considerando as características apresentadas do Sensor e do Conversor A/D.
- Em relação aos procedimentos que devem ser considerados na programação do Microcontrolador para que o sinal do Sensor possa ser obtido por meio do Conversor A/D, pede-se:
 - especifique e explique os passos que poderiam ser utilizados na construção de uma subrotina para tal finalidade, considerando o emprego do sinal **INTR/** do Conversor A/D. Indicar como esse sinal deve ser conectado no Microcontrolador;
 - caso o sinal **INTR/** do Conversor A/D não seja utilizado, indique e explique as alterações requeridas nos passos do item anterior para que a rotina possa obter o sinal do Sensor por meio do Conversor A/D;
 - agora considere uma nova situação na qual o Microcontrolador deve coletar os dados do Conversor A/D a cada 100 ms. Indique as alterações no projeto, incluindo novos componentes, se necessário, e na programação, justificando;
 - calcule a resolução (em volts) do Conversor A/D.
- Deseja-se alterar o projeto o sistema proposto, de modo que oito sensores idênticos ao descrito possam ser incorporados. Pede-se:
 - Indique como os oito sensores poderiam ser conectados ao Conversor A/D, descrevendo o(s) componente(s) adicional(is) que será(ão) necessário(s). Justifique sua resposta.
 - Quais passos da subrotina pedida em B1 têm de ser alterados para que os dados dos oito sensores sejam coletados?

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

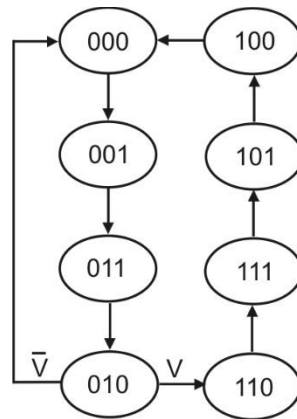
28

29

30

Questão 4

Para responder ao que se pede a seguir, considere o diagrama de estados síncrono abaixo, cujos bits de estado são Q_C , Q_B e Q_A . O sinal de relógio é CLK e a variável de entrada V é síncrona.



- A) Para esse diagrama de estados, projete o circuito digital que o implementa, utilizando apenas 3 flip-flops D e portas lógicas auxiliares.
- B) Descreva sua arquitetura em VHDL a partir do esqueleto de código a seguir.

```

entity DIAGRAMA is
  port(CLK,V: in std_logic; Q: out std_logic_vector(2 downto 0));
end DIAGRAMA;

```

```

architecture comportamento of DIAGRAMA is
  signal _____;
begin
  ... -- código a ser inserido
  process(CLK)
  begin
    if (CLK'event and CLK = '1') then
      ... -- código a ser inserido
    end if;
  end process;
end comportamento;

```

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

Questão 5

Um projetista de sistemas embarcados decidiu desenvolver um circuito útil para ilustrar o funcionamento de *displays* de sete segmentos. Para isso, utilizou um microcontrolador, um *display* de sete segmentos (cujos segmentos são acesos em nível alto), e um *push button* conectado a um pino do microcontrolador (denominado RBO, usado para acionar interrupções externas) com um resistor de *pull down*, conforme o esquemático simplificado e os detalhes do *display* apresentados nas Figuras A e B, respectivamente.

O sistema funciona da seguinte maneira:

- Quando inicializado, o segmento “a” do *display* é aceso.
- Quando o usuário pressiona o *push button* por menos de 3 segundos, o próximo segmento da sequência {“a”, “b”, “c”, “d”, “e”, “f”, “g”, “a”, “b”, “c”, “d”...} é aceso, ao mesmo tempo em que aquele que estava aceso anteriormente é apagado.
- Quando o usuário pressiona o *push button* por mais de 3 segundos, aqueles segmentos que formam a letra correspondente ao segmento que está aceso (vide Figura C) são acesos por 2 segundos, e então o sistema retorna ao seu estado inicial, i.e., com apenas o segmento “a” aceso.

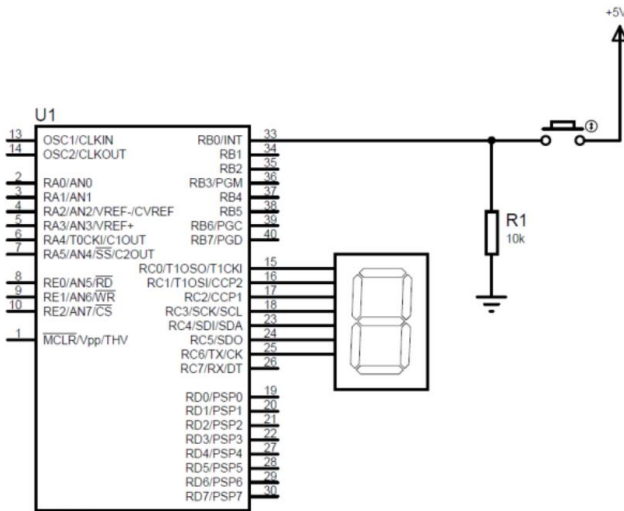


Figura A

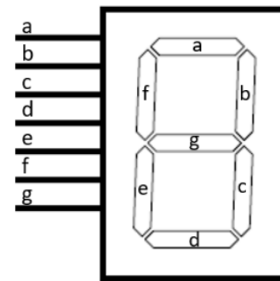


Figura B

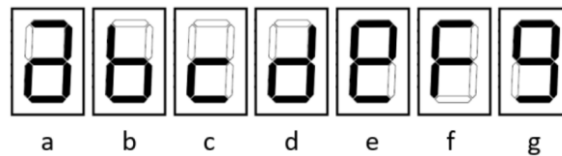


Figura C

O programa, em linguagem C, utilizado para a implementação do sistema é parcialmente apresentado a seguir:

```
#define INTERRUPT_BUTTON_STATE    flags.F0
#define INTERRUPT_FLAG            flags.F1
#define SEGMENT_SELECTED          flags.F2

char flags = 0x00;
int buttonPressedTime_ms = 0;
int pot2 = 1;

void showSegments(int* pot2_p);

void interrupt(void)
{
    Delay_ms(50);
    INTCON.F1 = 0;           // Reseta flag de interrupção externa
    INTERRUPT_BUTTON_STATE = PORTB.F0;
}
```

LACUNA 1

```

}

void main()
{
    INTCON.F7 = 1;          // Habilita Interrupções Globais
    INTCON.F4 = 1;          // Habilita Interrupção externa em RB0
    TRISB.F0 = 1;
    OPTION_REG.F6 = 1;     // Interrupção acionada na borda de subida
    TRISC = TRISC & 0x80;
    PORTC = 0x01;

    while(1)
    {
        if(INTERRUPT_FLAG)
        {
            if(buttonPressedTime_ms < 3000)
            {
                if(PORTC == 64)
                {
                    PORTC = 1;
                }
                else
                {
                    PORTC = PORTC << 1;
                }
            }
            else if(buttonPressedTime_ms >= 3000)
            {
                pot2 = PORTC;
                showSegments(&pot2);
            }

            buttonPressedTime_ms = 0;
            INTERRUPT_FLAG = 0;
        }
    }
}

```

LACUNA 2

Considerando o sistema apresentado, responda ao que se pede a seguir.

- Considerando as ligações apresentadas no esquemático da Figura A, qual deverá ser a finalidade dos comandos “TRISB.F0 = 1;” e “TRISC = TRISC & 0x80;”, localizados, respectivamente, na 3ª linha e na 5ª linha da função main do programa apresentado? Justifique.
- Por que o projetista introduziu um atraso de 50ms logo no início da função atrelada à interrupção externa, por meio do comando “Delay_ms (50) ;”, localizado na 1ª linha da função interrupt do programa apresentado?
- Escreva um trecho de código a ser introduzido na LACUNA 1 do programa apresentado que fará o sistema funcionar conforme suas especificações. Admita que qualquer função já mostrada no programa apresentado pode ser utilizada, e que o estado do *push button* deva ser amostrado a cada 100ms para que se avalie a duração de tempo em que ele é mantido pressionado.
- Escreva um trecho de código, a ser introduzido na LACUNA 2 do programa apresentado que implemente a função showSegments declarada logo antes da função interrupt).

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30

Realização

