

INSTRUMENTAÇÃO DEDICADA NO MONITORAMENTO DO PROCESSO DE FRESAMENTO DE TOPO

César Abraham Flores Cisneros

Laboratório de Engenharia de Fabricação - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - PMR
Av. Prof. Mello de Moraes, 2231 São Paulo – SP – cafcisne@usp.br

Gilmar Batalha Ferreira

Laboratório de Engenharia de Fabricação - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - PMR
Av. Prof. Mello de Moraes, 2231 São Paulo – SP – gfbatalh@usp.br

Resumo: *No desenvolvimento da pesquisa sobre o monitoramento do processo de fresamento de topo, num primeiro momento os sinais foram captados da peça, num segundo momento da ferramenta. As etapas no monitoramento são: aquisição do sinal pelo sensor, condicionamento do sinal, digitalização do sinal e processamento. A instrumentação requerida para tal monitoramento inclui as três primeiras etapas. No caso da captação do sinal da ferramenta, aparece uma nova etapa, a da transmissão do sinal da parte girante (ferramenta) para a parte fixa (PC). Neste último caso precisa-se montar a instrumentação na ferramenta. Nesta abordagem o sensor pode ser localizado na ferramenta ou no porta-ferramenta. Na presente pesquisa o sensor é montado no porta-ferramenta, com o intuito de utilizar a mesma instrumentação para vários tamanhos de ferramenta. Neste caso devemos criar um espaço no porta-ferramenta para a montagem da instrumentação, mantendo a geometria padronizada do porta-ferramenta (para permitir a montagem da ferramenta no porta-ferramenta e a do porta-ferramenta na máquina ferramenta); de um outro lado, a instrumentação para estes fins, que já é comercializada, deve ser projetada para a permitir a montagem no porta-ferramenta. A eletrônica da instrumentação (condicionador do sinal e circuito digitalizador), deve ter as seguintes características: eliminar ruídos que pousam contaminar o sinal, filtrar o sinal na banda de frequência de 100kHz a 1 MHz, o filtro deve possuir uma resposta plana para manter o formato do sinal, pré-amplificar o sinal que sai do sensor para fortalecer-lo frente aos ruídos, amplificar o sinal nos valores necessários para posterior digitalização, transmissão e processamento, amostragem do sinal a uma frequência de 2 MHz para evitar o fenômeno do “aliasing” no posterior processamento do sinal, memória suficiente para armazenar os dados considerando a frequência de amostragem e o tempo da aquisição (uma volta da ferramenta durante o processo de corte) e transmissão ótica do sinal do porta-ferramenta até a parte fixa, PC, mantendo o sinal livre dos ruídos externos.*

Palavras Chaves: *monitoramento, fresa de topo, instrumentação, eletrônica, emissão acústica.*

1. INTRODUÇÃO

No monitoramento de desgaste de ferramenta por EA, existem na atualidade, duas linhas de pesquisa: (1) uma primeira que visa o melhoramento do “sensoreamento”, e (2) uma segunda que aproveita o melhor da informação contida no sinal, através de técnicas de processamento de sinais, para saber do estado da ferramenta. A linha de pesquisa do sensoriamento tem por objetivo garantir a boa qualidade da informação contida no sinal e que é de interesse fundamental para o posterior processamento do sinal e garantir a veracidade dos resultados obtidos. Estão relacionadas ao sensoriamento as seguintes linhas de pesquisa: sobre o tipo de sensores a serem utilizados, sobre a localização destes no ambiente de trabalho, o multi – sensoriamento ou a aplicação de diferentes tipos de sensores atuando em forma simultânea, a identificação dos ruídos e a eliminação deles procurando não contaminar o sinal a ser processado, cuidados nos projetos da eletrônica do condicionador do sinal considerando o tempo de resposta destes e o nível de saturação para evitar distorção do sinal. É proposto neste trabalho um sistema de aquisição de emissão acústica via sensores piezo - elétricos instalados no porta - ferramentas. Este esquema está apresentado na figura 1.

2. SENSORES

Nesta pesquisa são usados transdutores de EA os quais contém cerâmicos piezo-elétricos. O fenômeno piezo – elétrico foi descoberto por Pierre e Jacques Curie em 1880. É uma propriedade exibida por certos materiais cristalinos. Quando aplicada uma pressão mecânica a um destes materiais, a estrutura cristalina produz uma tensão proporcional a pressão exercida. Quando aplicado um campo elétrico, a estrutura cristalina muda de forma, produzindo alterações dimensionais no material. No caso da medição dos deslocamentos superficiais no material devido ao processo de usinagem nele realizado, é nosso interesse que o transdutor converta estes deslocamentos em tensão elétrica, como mostrado na figura 2.

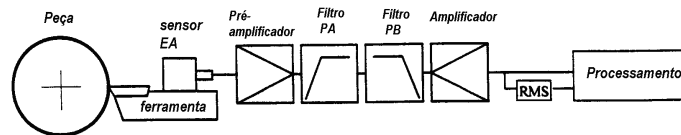


Figura 1 Fluxograma do sistema para aquisição do sinal de EA.

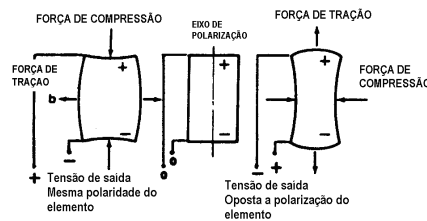


Figura 2 Tensão piezo – elétrica devida a aplicação de forças.

2.1 Tipos

Existem cerâmicos piezo - elétricos ressonantes e não ressonantes. Os ressonantes trabalham entorno da ressonância mecânica do cerâmico piezo – elétrico. Numa curva de resposta em frequência do cerâmico, este trabalharia entre as frequências de ressonância e anti-ressonância, e mais próximo da frequência de ressonância para multiplicar a saída do transdutor quando aplicado um estímulo (a fonte a ser medida deve gerar sinais com frequências entorno da frequência de ressonância do cerâmico). Já os cerâmicos não ressonantes, trabalham bem por debaixo da frequência de ressonância do cerâmico, produzindo uma resposta uniforme numa banda ampla de frequência.

Lembrando dos objetivos da instrumentação para o monitoramento do desgaste, devemos procurar conservar a informação contida no sinal de EA (fonte a usinagem do material) sem alteração, nesse sentido é de interesse a seleção de cerâmicos piezo elétricos não ressonantes (HAMSTAD M.A., FORTUNKO C.M., 1995). Foram adquiridos os transdutores da Physical Acoustics Corporation, os modelos Micro 30 e Micro 80 os quais tem uma resposta mais ou menos plana na banda de interesse, como mostrado na fig. 3. Um esquema de um transdutor de EA é apresentado na figura 4.

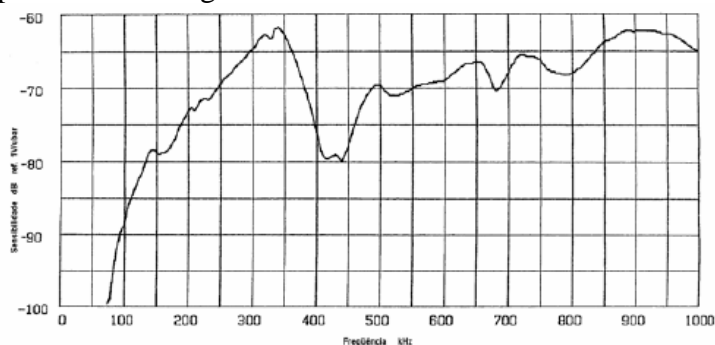


Figura 3 Certificado de calibração do transdutor Micro 80

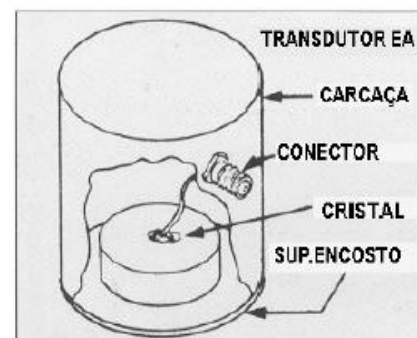


Figura 4 Estrutura do transdutor EA.

3. CONDICIONAMENTO DO SINAL

O sinal captado pelos sensores precisa ser condicionado antes de ser processado. Nesta seção descrevemos o projeto da fonte, do transformador rotativo, do pré-amplificador e do filtro, os quais compõem o sistema do condicionamento do sinal. Fazemos comentários dos tipos de sinal a serem processados: o sinal bruto e o sinal RMS. Finalmente apresentamos o sistema transmissor óptico que nos permite transmitir o sinal da parte giratória para a parte fixa.

3.1 Fonte

Como já foi mencionado, o aporte desta pesquisa está na aquisição dos sinais da parte giratória (onde está localizada a ferramenta de corte). A pesquisa abrange a aquisição simultânea de sinais da parte fixa e da parte giratória, de tal forma a comparar as informações e verificar a utilidade de cada uma destas fontes de informação no monitoramento. A eletrônica do sistema de condicionamento do sinal, precisa de alimentação contínua +/- 9V. O projeto da fonte é apresentado na figura 5. A única diferença da fonte para o condicionador da parte fixa para o condicionador da parte giratória está no transformador utilizado. No caso do condicionador da parte fixa é um transformador fixo de entrada 110 V e saída +/- 15 V. No caso do condicionador da parte giratória é um transformador rotativo cujas características são apresentadas na seção seguinte.

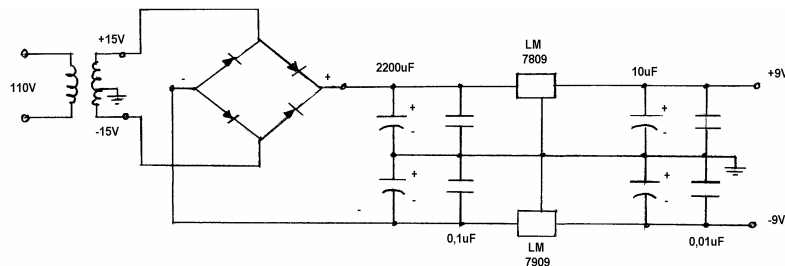


Figura 5 Fonte.

3.1.1 Transformador rotativo, TR

O projeto de TR proposto para o monitoramento de desgaste de fresa de topo consiste em uma bobina primária montada na estrutura da máquina (parte fixa) e de uma bobina secundária montada no porta-ferramenta que, por sua vez, está montado no fuso da máquina (parte giratória). (Decker, 1998; Dull, 1975). O TR proposto está apresentado na figura 6.

Como indicado na seção anterior, a bobina primária é alimentada pela tensão da rede, 110 V e 60 Hz, o que constitui uma vantagem como método para alimentar a instrumentação montada no porta-ferramenta (porta - ferramenta instrumentado). Cada núcleo está formado por três módulos. Dois deles, constituídos por anéis circulares (montados a cada lado da bobina) e um de formato toroidal circular que abraça a bobina e fica na parte central do núcleo. Esta geometria permite a construção da bobina separada do núcleo, o que facilita na hora da montagem no porta-ferramenta.

O material utilizado na construção do núcleo foi chapa de aço silício. A bobina primária, constituída por 295 espiras e a secundária com 62 espiras, também de fio de cobre, ambas com fio #22 AWG. A bobina secundária apresenta um derivação central que permite, ao retificar a corrente, ter duas tensões: uma positiva e outra negativa. Elas são mostradas na figura 7. São características do TR proposto: potência 10 Watts, tensão primária 110 V, corrente primária 0.61 A, frequência 60 Hz, tensão secundária 23 V, corrente secundária 0,5 A e frequência 60 Hz. No projeto foi considerada uma densidade de fluxo magnético no ferro silício (B_{FeSi}) de 0.6 Wb/m^2 . O entreferro (distância entre o núcleo do primário e do secundário) considerado foi de 0.3 mm. Este valor do entreferro alto, que implica perdas por corrente magnetizante do entreferro, contempla tanto os erros na montagem dos suportes na máquina como das chapas (anéis circulares) dos núcleos nos respectivos suportes.

- 5 - transformador rotativo
- 6 - retentor labiríntico
- 7 - disco para fixação do núcleo do secundário
- 8 - porca de fixação
- 13 - retentor
- 14 - retentor
- 15 - retentor
- 16 - retentor

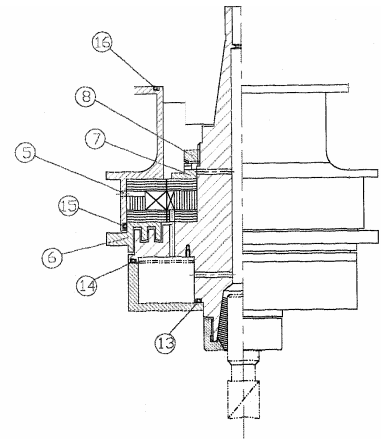


Figura 6. Porta - ferramenta instrumentado.



Figura 7. Bobinas primária e secundária do TR

3.2 Pré-Amplificação

Os sensores de emissão acústica (piezo elétricos) transformam a energia mecânica em energia elétrica (não necessitando de excitação externa). O sinal por ele produzido é um sinal fraco que pode ser alterado por ruídos no percurso do sensor ao circuito condicionador. Uma boa técnica é fortalecer este sinal logo após o sensor SHIWA, 1992, PHYSICAL ACOUSTIC CORPORATION, 1997. O circuito proposto, tomando em consideração o FET recomendado por SHIWA, 1992, é o apresentado na figura 8.

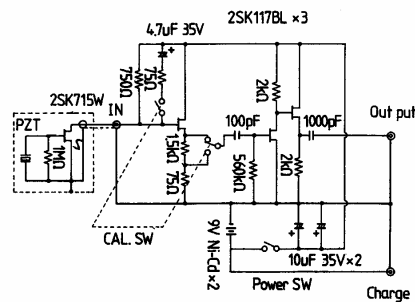


Figura 8. Circuito Pré Amplificador, SHIWA, 1992.

Este circuito corresponde ao circuito FET com polarização fixa, BOYLESTAD, 1996. Este circuito é apresentado na figura 9 e o seu circuito equivalente, na figura 10.

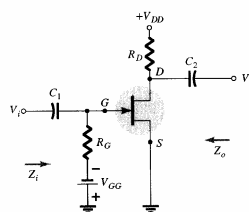


Figura 9. Configuração do FET com polarização fixa, BOYLESTAD, 1996.

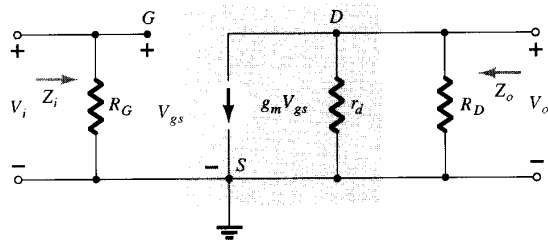


Figura 10. Circuito equivalente do circuito da figura 4.13, BOYLESTAD, 1996.

O valor da impedância de entrada Z_i corresponde ao valor de R_G . Foram testados os valores de $1 \text{ M}\Omega$, SHIWA, 1992 e $10 \text{ M}\Omega$, HAMSTAD, 1995, resultando nas curvas das figuras 11 e 12, levando-nos a escolher o valor de $1 \text{ M}\Omega$. Este valor permite-nos manter o formato do sinal na faixa de frequências desejado.

O valor da impedância de saída Z_o corresponde ao das resistências R_D e r_d em paralelo. R_D , no nosso caso, tem um valor de $220 \text{ }\Omega$ e r_d corresponde ao valor da expressão $r_d = \frac{1}{y_{os}}$, onde y_{os} é a admitância de saída do FET. No nosso projeto o FET correspondente é o 2SK715W da SANYO. No “data sheet” do componente não é fornecido este valor. O valor do r_d foi obtido por medição indireta. Da expressão para o ganho em tensão (A_V), BOYLESTAD, 1996,

$$A_V = \frac{2I_{SS}}{|V_p|} \cdot \frac{R_D \cdot r_d}{(R_D + r_d)} \dots\dots(1)$$

onde, I_{SS} é a corrente máxima de dreno, V_p é a tensão de constrição e para os valores seguintes: $A_V=8.6$, $|V_p|=0.6\text{V}$, $I_{DSS}=20\text{mA}$, $R_D=220\Omega$ e para o ensaio realizado a $f=1.2 \text{ MHz}$, $v_i=580\text{mV}$, $v_o=4.96\text{V}$, podemos concluir os valores de $r_d=310\Omega$ e $Z_o=129\Omega$.

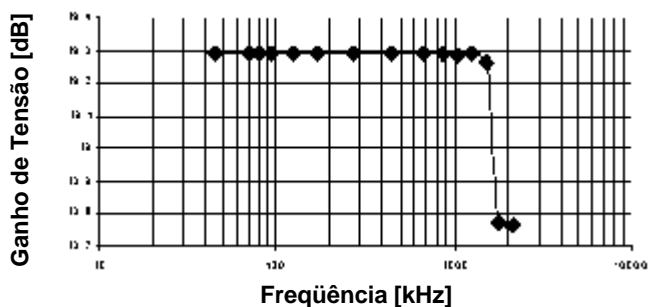


Figura 11. Resposta em frequência de pré amplificador, $R_G = 1 \text{ M}\Omega$.

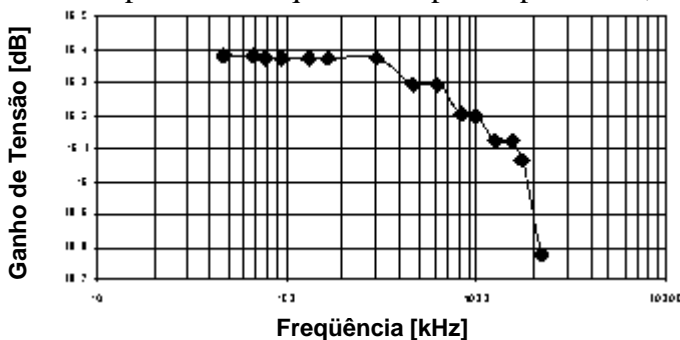


Figura 12. Resposta em frequência de pré amplificador, $R_G = 10 \text{ M}\Omega$.

O circuito de pré-amplificação proposto, fig. 13, contempla as características de: (1) amplificação do sinal (19,2dB), (2) ter uma resposta plana na faixa de frequência do projeto (100kHz-1MHz) e (3) serve como “buffer” do circuito condicionador do sinal ($Z_i=1M\Omega$, $Z_o=129\Omega$).

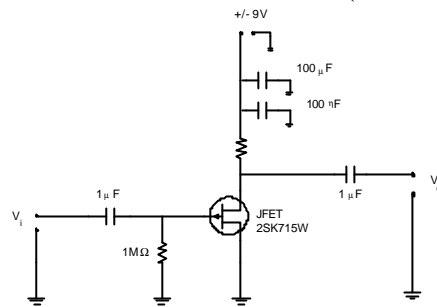


Figura 13. Circuito Pré Amplificador.

3.3 Projeto do Filtro Passa Banda

São especificações para este projeto de filtro passa banda as seguintes:

$\alpha_{m\acute{a}x} = 0.5$ dB, a uma frequência f_p de 850 kHz, e

$\alpha_{m\acute{i}n} = 20$ dB, a uma frequência f_s de 850 kHz.

Aplicando estes valores na expressão (2), determinamos um filtro de 3 pólos ($n=3$).

Substituindo os valores de f_p , $\alpha_{m\acute{a}x}$ e n na expressão (3), determinamos a frequência de corte do nosso filtro, $f_c = 1\ 206\ 928$ Hz. O filtro de três pólos está composto de duas seções, a primeira de um filtro de um pólo e de uma segunda de um filtro de dois pólos. Para determinar os valores dos componentes do nosso filtro precisamos determinar os fatores de frequência e magnitude, determinados pelas expressões seguintes:

$$n = \frac{\log\left[\frac{(10^{\alpha_{m\acute{a}x}/10} - 1)}{(10^{\alpha_{m\acute{a}x}/10} - 1)}\right]}{2 \log(w_s / w_p)} \dots\dots(2)$$

$$w_0 = \frac{w_p}{[10^{\alpha_{m\acute{a}x}/10} - 1]^{1/2n}} \dots\dots(3)$$

$$K_m = \frac{1}{K_f} \cdot \frac{C_0}{C_{10}} \dots\dots\dots(4)$$

$$K_m = \frac{1}{2f_0} \cdot \frac{C_0}{C_{10}}$$

onde, C_{10} é o capacitor novo, C_0 é o capacitor antigo, K_f é o fator de frequência e o K_m é o fator de magnitude. Os valores dos componentes adotados e calculados são: $C_{10} = 100$ pF, $C_{11} = 200$ pF, $C_{12} = 50$ pF e $R = 1320$ Ω que correspondem aos valores dos componentes mostrados no circuito da figura 14.

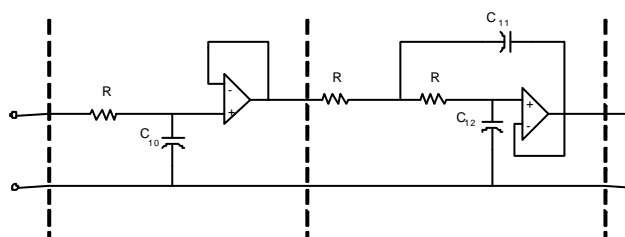


Figura 14 Filtro passa baixo, resposta Butterworth, circuito Sallen-Key de ganho unitário 3 ordem.

No projeto do filtro passa alta (para completar o filtro passa banda) aplicamos a teoria da transformação RC \rightarrow CR já explicada anteriormente.

São especificações para o nosso projeto de filtro passa alto as seguintes:

$\alpha_{\text{máx}} = 0.5 \text{ dB}$, a uma frequência f_p de 60 kHz, e

$\alpha_{\text{min}} = 20 \text{ dB}$, a uma frequência f_s de 150 kHz.

Aplicando estes valores na expressão (2), determinamos um filtro de 3 pólos ($n=3$).

Substituindo os valores de f_p , $\alpha_{\text{máx}}$ e n na expressão (3), determinamos a frequência de corte do nosso filtro, $f_0 = 85 \text{ 200 Hz}$.

Aplicando a teoria de transformação RC \rightarrow CR, passamos para um filtro como mostrado na fig. 20. Para determinar os valores dos componentes do circuito do filtro aplicamos a expressão (4), e chegamos aos valores seguintes: $C_{10} = 1\text{nF}$, $R_{10} = 1869\Omega$, $R_{11} = 935\Omega$, $R_{12} = 3738\Omega$, que correspondem aos valores dos componentes mostrados na figura 15.

São características importantes do projeto do filtro passa banda as seguintes:

- Uso de amplificador operacional LM 318 de alto “slew rate” (50 V/ μ s);
- Ligação de capacitores de filtro (0,1 μ F) nas alimentações dos CI(s) para impedir a entrada de ruídos no circuito;
- O uso de capacitores de poliéster que são mais estáveis termicamente, que permitem trabalhar a temperaturas maiores (as de usinagem) sem alterar seu comportamento durante a operação.

O filtro passa banda, projetado e montado (filtros: passa alta + passa baixa), foi testado no laboratório um sinal senoidal variando a frequência desta para verificar o comportamento do filtro. A curva da resposta em frequência é mostrada na figura 16.

Pode-se observar que se cumprem às características das frequências de corte e a planicidade da banda de frequência do filtro necessárias na instrumentação no monitoramento por emissão acústica (eliminação dos ruídos, evitar o “aliasing” e não distorcer o sinal na passagem pelo condicionador).

Pode-se observar que se cumprem às características das frequências de corte e a planicidade da banda de frequência do filtro necessárias na instrumentação no monitoramento por emissão acústica.

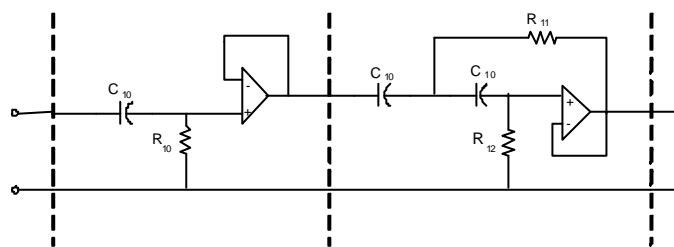


Figura 15 Filtro passa alto de resposta Butterworth, circuito Sallen-Key, ganho unitário de 3 ordem.

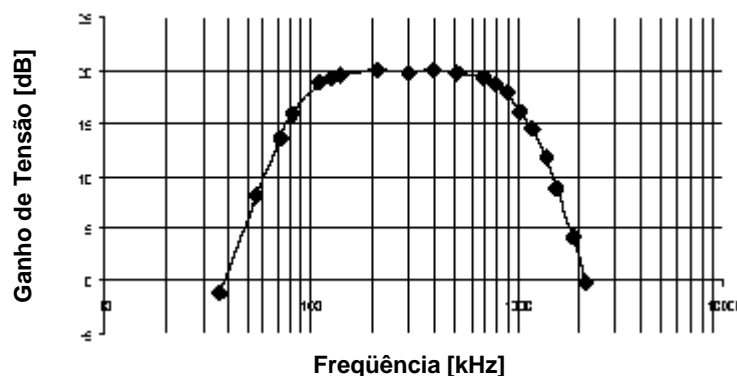


Figura 16 , Curva da resposta em frequência do filtro passa banda.

(eliminação dos ruídos, evitar o “aliasing” e não distorcer o sinal na passagem pelo condicionador).

4. CONVERSOR A/D

O Bloco amplificador (3.) permite a compatibilização do sinal oriundo dos sensores piezo-elétricos com os níveis de tensão de entrada do bloco de conversão analógico digital.

O sinal amplificado já se encontra filtrado na banda definida por 100 kHz à 1 MHz. A filtragem

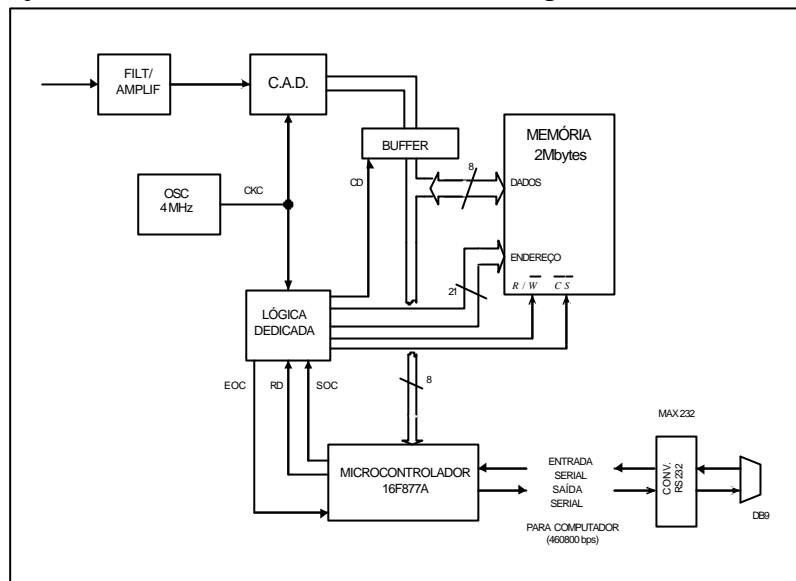


Figura 17 Diagrama de Blocos do Conversor A/D.

Bloco do Conversor A/D

Frequências superiores em 1 MHz implicará em uma taxa de amostragem de 2 MHz. Os blocos que integram o Conversor A/D são apresentados na figura 17. Operando com 8 bits de resolução, o conversor analógico-digital (AOC 1175-50) irá operar com amostragem de 4 MSPS (4 MHz), garantindo com folga a amostragem mínima necessária. Os dados fornecidos pelo C.A.D. devem ser armazenados em memória local para posterior envio ao computador. Considerada que a menor rotação possível da ferramenta (140 rpm) implica no tempo de 0,429 segundos para uma volta completa, e considerando-se a taxa de amostragem de escolhida (4 MHz), torna-se necessário um mínimo de 1716 bytes de memória.

Bloco de Memória

Compôs por 2 Mbytes de memória RAM, permite o armazenamento do sinal correspondente, no mínimo, a uma rotação completa da ferramenta. Devido à velocidade de conversão, a memória é endereçada por uma lógica digital dedicada.

Bloco de Lógica Dedicada

Responsável pelos sinais de endereçamento e controle da memória durante o ciclo de aquisição de dados. Também é responsável pelo sincronismo com o conversor analógico-digital. Sua implantação é realizada de forma discreta, podendo também ser implantada por meio de pastilhas de lógica programável.

Os sinais gerados pelo bloco são: EOC, CD, \bar{R}/\bar{W} , \bar{CS} .

EOC – (End of Conversion) informa a finalização de um bloco de aquisição (2 Mbytes-0,524 seg.).

CD - (Conversion Data) disponibiliza o barramento de dados da memória para o C.A.D.

\bar{CS} (Chip Select) habilita o bloco de memória.

\bar{R}/\bar{W} (Read/Write) define o tipo de operação na memória.

Os sinais de entrada na lógica dedicada são: CKC, SOC, RD.

CKC (Clock Conversion) fornece a base de tempo para sincronismo com o conversor A/D.

SOC (start of conversion) informa que deve ser iniciado um bloco de aquisição (2Mbytes)

RD (Read Data) permite que o microcontrolador leia os dados armazenados em memória.

Bloco Microcontrolador

Efetua a leitura dos bytes armazenados durante o ciclo de aquisição e envia a informação na forma serial (460 800 bps) para o computador principal. Considerando-se a totalidade de memória disponível, o tempo de transmissão é da ordem de 45 segundos. O microcontrolador também recebe serialmente instruções do computador, tais instruções permitem definir o momento da aquisição dos sinais. O modelo utilizado é o 16F877A, fabricado pela MICROCHIP.

Bloco Oscilador 4 MHz

Circuito oscilador que define a base de tempo para amostragem do C.A.D.

5. CONCLUSÕES

- O sistema Sensor, Condicionador do sinal e Conversor A/D conservam o formato do sinal que vem da fonte de EA (processo de usinagem).
- O sensor montado no porta-ferramenta garante um sinal uniforme durante todo o processo de usinagem, não interessando o formato da peça.
- A explicação do projeto e características de esta instrumentação dedicada permite os outros usuários projetarem suas próprias instrumentações ou selecionar instrumentações comerciais que garantam a conservação do sinal e resultados confiáveis do processamento posterior.

8. BIBLIOGRAFIA

BOYLESTAD R.L., NASHESKY L., “Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos”, Sexta Edição, Prentice Hall do Brasil, Rio de Janeiro, Brasil, **1996**.

DEKKER, M.; “Transformer and Inductor Design Handbook”, 2nd ed, New York, **1998**.

DULL, W., “Designer’s Guide to Current and Power Transformers”, EDN 1975., 47-52, **1975**.

HAMSTAD M.A., FORTUNKO C.M., “Development of practical Wideband high-fidelity acoustic emission sensors”, SPIE Vol. 2456/281, **1995**.

PHYSICAL ACOUSTICS CORPORATION, “Acoustic Emission Sensors”, Product Bulletin, PAC #112797, **1997**.

SHIWA M., INABA H., CARPENTER S.H., KISHI T., “Development of High-Sensitivity and Low-Noise Integrated Acoustic Emission Sensor”, Materials Evaluation, p. 868-874, July **1992**.

DEDICATED INSTRUMENTATION FOR END MILLING PROCESS MONITORING

César Abraham Flores Cisneros

Laboratório de Engenharia de Fabricação - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - PMR
Av. Prof. Mello de Moraes, 2231 São Paulo – SP – cafcsne@usp.br

Gilmar Batalha Ferreira

Laboratório de Engenharia de Fabricação - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - PMR
Av. Prof. Mello de Moraes, 2231 São Paulo – SP – gfbatalh@usp.br

Resumo: *the research developments on the monitoring of end milling processes have emphasized at a first moment by acquiring the signals generated at the milled part. More recent works turn on the focus to get this signal at the tool. For this approach, the main steps for the monitoring are: signal acquisition by the sensor, signal conditioning, signal digitalizing and processing. The instrumentation required for such monitoring presented in this paper includes the three first ones. Choosing to get the signal from the tool, it is necessary to include a new further step in signal processing chain, the signal transmission from the rotating tool (the end mill) to a fixed signal-processing unit (e.g.: a PC). This demands to mount the instrumentation unit into the tool, i.e. a sensor located on the tool or into the tool holder. This approach is applied at the present work, where an acoustic emission sensor is mounted in the tool holder, aiming to share the advantage that the same instrumentation could be used for different tools and end mill sizes. In order to implement this approach, at one hand, it is necessary to reserve a space for the instrumentation assembly into the tool*

holder, keeping a tool holder standardized geometry (that allows for its assembly at the milling machine); at the other side, the instrumentation for these aims, already commercially available, shall be redesigned to allow its assembly into the tool holder. The electronics for this instrumentation (signal conditioning and digitalizing circuit) demands the following characteristics: noise elimination capacity that could contaminate the original signal and a signal filtering into a frequency range of 100kHz the 1 MHz. The filter should possess a plain response curve in order to keep the former signal format, as well as pre-amplifying the signal leaving the sensor outputs, aiming to sharpen it against to all the noises, as well as amplifying it until a suitable and necessary values for its further digitalizing, transmission and processing, signal sampling at 2 MHz frequencies, looking to prevent the “aliasing” phenomena in the further signal processing steps, memory enough for storing them regarding the sampling frequency and the acquisition time (a tool rotation during the milling cycle) and the optical transmission for the acquired signal from the tool holder to fixed PC unit. It is aimed during all these steps to keep the acquired signal free of all the external noises. The proposed electronics, designed projected and mounted by the authors, congregates all these characteristics and allows for a correct monitoring, keeping its former format, of a not disturbed signal and allowing for transfer reliable information to the monitoring software that reflects what is really happening at the milling machining process.

Keywords: monitoring, end mills, instrumentation, electronics, and acoustic emission.