

USO DE CALCULADORAS PROGRAMÁVEIS NO ENSINO DE ENGENHARIA¹

PAULO CÉSAR DA COSTA PINHEIRO

Departamento de Engenharia Mecânica da UFMG
Av. Antônio Carlos 6627, 31270-901 Belo Horizonte, MG
pinheiro@dedalus.lcc.ufmg.br pinheiro@demec.ufmg.br

RESUMO - Este trabalho apresenta uma análise crítica do uso das calculadoras científicas programáveis, como ferramenta de ensino de engenharia, mostrando sua potencialidade e alguns inconvenientes. Em termos de custo, disponibilidade e portabilidade elas oferecem muitas vantagens sobre os microcomputadores. Assim, elas podem se tornar um interessante instrumento didático.

1. INTRODUÇÃO

O papel dos computadores no ensino de engenharia tem sido estudado por diversos autores. Entretanto, pouca atenção é dada ao uso potencial das calculadoras programáveis. As calculadoras científicas programáveis são hoje de uso corrente nos cursos de engenharia, e apesar de não possuírem os recursos dos computadores, seu baixo custo, simplicidade, grande capacidade computacional e fácil disponibilidade em sala de aula, a tornam um instrumento didático digno de consideração. Quando do seu aparecimento no mercado na década de 70, foram publicados muitos trabalhos mostrando sua aplicação na engenharia e no ensino. O aparecimento dos microcomputadores (Apple II, 1976) ofuscou sua utilização. Entretanto devido ao aperfeiçoamento das calculadoras programáveis, elas apresentam hoje novas possibilidades para o ensino de engenharia.

Sua tela gráfica é de baixa resolução, mas de fácil programação. Sua memória pode armazenar vários programas grandes, indefinidamente. Seu baixo custo permite sua aquisição pelos estudantes. Em termos de custo, disponibilidade e portabilidade elas oferecem muitas vantagens sobre os microcomputadores. Assim, elas podem se tornar um interessante instrumento pedagógico.

2. HISTÓRICO

A necessidade de realizar cálculos rapidamente não é uma questão atual. O homem sempre procurou desenvolver dispositivos que o auxiliasse nesta tarefa. O ábaco é o aparelho de calcular mais antigo que se conhece. No ocidente ele só é usado como brinquedo. Entretanto em muitos países do oriente são correntemente utilizados até hoje. Na Rússia é chamado *tschioty*, na China *suanpan* e no Japão *soroban*. Todos eles se originam dos que eram utilizados pelos romanos, gregos e assírios. Os ábacos possuem um bastidor que suporta várias varetas paralelas com contas furadas. Cada conta representa um dígito e cada vareta uma casa decimal, e são usados para somar, multiplicar e extrair raízes [2].

¹ PINHEIRO Paulo César da Costa. Uso de Calculadoras Programáveis no Ensino de Engenharia. In: XXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA (COBENGE-98), 18-21 Outubro 1998, São Paulo, São Paulo, Anais Eletrônicos... São Paulo: ABENGE, Associação Brasileira de Ensino de Engenharia, 1998, 7v., v.5, p.2485-2498, CD-ROM.

Em 1623, o matemático alemão Wilhelm Schickard construiu o primeiro dispositivo mecânico de calcular, a fim de auxiliar Kepler nos seus cálculos astronômicos. Em 1642, Blaise Pascal (1623-1662), desenvolveu a "pascaline" para simplificar o trabalho de seu pai, comissário de impostos. As máquinas de calcular mecânicas, se desenvolveram e se tornaram muito complexas. A máquina de diferenças, com 3 toneladas, concebida em 1821 por Charles Babbage, é considerada o ancestral dos computadores. Ao longo do século XIX e XX elas vão se miniaturizar-se até tornarem-se portáteis (facitinha). Paralelamente a estas tentativas mecânicas, foram desenvolvidas as tábuas de logaritmos e as tábuas trigonométricas, que foram utilizadas para auxiliar os cálculos até os anos 1970. A definição dos logaritmos permitiu a construção das Régua de Cálculo (William Oughtred, 1630), que foram utilizadas até o aparecimento das calculadoras.

Em 1941 Konrad Zuse desenvolveu em Berlim a máquina Z3, que funcionava com relés e era programada através de fitas de papel perfurado, considerado o primeiro computador [11]. Em 1944, Howard Aiken (Universidade de Harvard) e Clair Lake (IBM) desenvolveram o Mark I, que também funcionava com relés e fitas de papel. Em 1946 foi desenvolvido o ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer), primeiro computador totalmente eletrônico. Pesava 35 toneladas, media 25 m de comprimento por 5 de altura, tinha 17.468 válvulas, 800 km de fio, consumia 500 kW, realizava 3500 operações por segundo e possuía somente 10 posições de memória, e custou cerca de US\$260milhões (atual).

O desenvolvimento do transistor (1947) e do circuito integrado (1958) permitiram a construção das calculadoras portáteis. A primeira calculadora de mão foi desenvolvida pela Texas em 1967. Pesando 1,3 kg, esta calculadora era alimentada a pilhas, trabalhava com números de 6 dígitos, realizava as 4 operações e imprimia os resultados (até 12 dígitos) em uma impressora térmica. Em 1970 foi comercializada a primeira calculadora totalmente eletrônica de bolso a pilha, a Poketronic®. Fruto de uma Joint-venture entre a Texas Instruments e a Canon, pesava 800gr, era capaz de efetuar as 4 operações, com 12 dígitos e 4 casas decimais e custava cerca de US\$400,00.

A primeira calculadora científica surgiu no mercado mundial em 1972, a HP-35. Com 18 funções trigonométricas, logarítmicas e exponenciais, essenciais para as profissões técnicas, era conhecida como "régua de cálculo eletrônica". Apesar de ser um equipamento caro (US\$395,00), superou todas as expectativas de venda, sendo vendidas mais de 300.000 unidades nos primeiros 3 anos. A HP foi responsável também pela introdução da primeira calculadora financeira de bolso (HP 80) em 1973, da primeira calculadora de bolso totalmente programável (HP 65) e da primeira calculadora com memória não-volátil (HP 25C).

De 1972 a 1976, os preços das calculadoras de 4 operações caiu 10 vezes, de cerca de U\$195 para U\$19,95. O desenvolvimento de displays de cristal líquido (LCD), combinado com o baixo consumo de corrente da tecnologia CMOS possibilitou que as calculadoras passassem a ser alimentadas com as pilhas de botão. Com esta tecnologia em mãos os fabricantes japoneses com grande integração e baixo custo de fabricação, derrubaram os preços. Como resultado, os preços das calculadoras de 4 operações caíram para poucos dólares

Atualmente existem no mercado calculadoras com desempenho superior aos primeiros IBM-PC. O comportamento do mercado parece demonstrar que os usuários não necessitam de um computador de bolso. Assim, a previsão dos fabricantes é que no futuro as calculadoras serão computadores dedicados, contando apenas com os recursos específicos a cada ramo de atividade tecno-científica e financeira. Isto não significa que serão limitadas. Com a crescente miniaturização da eletrônica, as calculadoras "topo-de-linha" deverão ter desempenho e memória equivalente aos microcomputadores, com a vantagem de menor preço e portabilidade.

3. RECURSOS DAS CALCULADORAS

A HP-48 (S, SX, G, GX) foi introduzida no mercado em 1990 e é calculadora científica mais completa disponível no Brasil: agenda, tela gráfica, grande capacidade de memória, linguagem de programação estruturada, programação em assembler, cálculo algébrico, transmissão de dados por infravermelho, saída serial para conexão com PC, conversões diversas, funções matemáticas, estatísticas, físicas e de engenharia, possibilidades de extensão.

As calculadoras HP utilizam a lógica RPN (Reverse Polish Notation). Criada em 1951 pelo matemático polonês Jan Lukasiewicz (1878-1956), a lógica RPN consiste na entrada de todos os valores de cálculo antes da indicação da operação a ser realizada, o que evita o uso da hierarquia matemática e reduz o número de teclas a serem digitadas. Assim, os cálculos são realizados na ordem em que os valores surgem e não segundo as prioridades representadas pelas chaves, parênteses e colchetes.

Características gráficas: LCD de alto contraste, com 8 linhas de 22 caracteres, com 64x131 pixels; número de gráficos e equações ilimitado, dentro da memória disponível. Tipos de gráficos bidimensionais: função, polar, paramétrico, equação diferencial, seção cônica, histograma, barras, falso/verdadeiro, pontos. Tipos de gráficos tridimensionais: wireframe, superfície paramétrica, tangentes, contorno, pseudo-contorno, gridmap, y-slice. 15 funções de zoom incluindo auto-zoom e zoom do último gráfico. Funções de traço e sombra, mais desenho de linhas, arcos, retângulos, círculos, pontos, labels etc.

Cálculo e Matemática simbólica: Diferenciação simbólica, integração polinomial; integração numérica, expansão de séries de Taylor, resolução numérica de equações diferenciais. Isola variáveis simbolicamente, manipulações simbólicas; soluciona equações quadráticas e polinomiais de ordem n para todas as raízes reais e complexas. O aplicativo HP Solve permite explicitar qualquer variável na equação.

Cálculo integrado com gráficos: A partir dos gráficos, encontra raízes, pontos de interseção, extremos, derivadas (simbólica e gráfica), inclinação e área sob a curva.

Funções matemáticas avançadas: O aplicativo HP Matrix Writer permite fácil entrada, edição e visão de matrizes; operações extensivas matriz linha/coluna. Manipula matrizes reais e complexas sem mudar de modo; vetores bidimensionais em modo retangular e polar; vetores tridimensionais em modo retangular, cilíndrico e esférico. Tamanho máximo da matriz (HP 48G): 42 x 42. Tamanho máximo da matriz (HP 48GX): 85 x 85; ou 125 x 125 com RAM card opcional HP 82215A.

Características científicas: Conversões de ângulo, base, polar/retangular e aritméticas; matemática binária, incluindo manipulação de bits e operações Booleanas, tudo programável.

Características estatísticas: Coleção rápida e edição de dados multivariáveis em formato de matriz. Regressão linear, correlação (linear, log, exponencial, potência, ou melhor ajuste). Probabilidade: normal, chi quadrado, student, distribuição F. Média, desvio padrão da amostra e população, variância e covariância.

Biblioteca de equações de Engenharia: 322 equações organizadas em 115 temas técnicos e 100 grupos de equações organizadas por disciplinas de engenharia. Apresenta as definições de cada variável em cada equação; várias equações são ilustradas por gráficos e animações. Software de resolução de multi-equações manipula família de equações; biblioteca de constantes físicas para os valores chaves.

Constantes e conversões: 49 constantes físicas e matemáticas pre-definidas; 148 unidades de medição pre-definidas, podendo outras serem definidas pelo usuário. Qualquer unidade pode ser combinada (ex.

N.m/s²). 20 prefixos usuais podem ser usados com qualquer unidade ou combinação; e os cálculos podem ser realizados com as unidades ligadas, sendo as conversões são realizadas automaticamente.

Programação: Linguagem de programação estruturada e orientada a objetos. Todas as teclas são redefiníveis; menus e janelas de entrada, diretórios e manipulação de memória definidos pelo usuário. O Software HP Equation Writer permite a resolução das equações de forma algébrica.

Características operacionais: Processador: "Saturn"; lógica de entrada RPN; menus e janelas de entrada para 54 aplicativos diferentes; caixas de diálogo para muitos aplicativos.

Input/Output: Comunicação infravermelha bi-direcional para transferir programas e dados entre calculadoras. Saída infravermelha para impressora HP 82240B. Porta serial RS-232C para conexão a computadores PC ou Macintosh através de protocolo Kermit ou Xmodem. 2 portas para cartões RAM ou ROM (só HP 48GX): máximo de 128 kB na porta 1 e máximo de 4MB na porta 2.

Memória: 512-kB ROM, e 32 kB RAM (HP 48G) e 128 kB RAM, expansível a 4,5 MB em dois slots para cartas de expansão (HP 48GX). A memória RAM é não volátil, mantendo mesmo quando a calculadora é desligada.

Uma descrição detalhada de todas as características da HP48 é apresentada em [3].

4. INCONVENIENTES DO USO DAS CALCULADORAS

Como desvantagens do seu uso, verificamos que, confiados na sua disponibilidade e por preguiça mental, muitos alunos não sabem matemática básica, não possuem noção de ordem de grandeza e não conhecem os fatores de conversão entre diversas grandezas, transformando as calculadoras em verdadeiros sistemas especialistas. O aluno deve saber ler, escrever e calcular, para não ficar incapaz quando acabar a luz ou a pilha. A existência de calculadoras não tornou desnecessário os cálculos manuais, como existência da máquina de escrever não tornou desnecessária a caneta. O cálculo é prática necessária para o desenvolvimento intelectual do aluno.

5. USO DA CALCULADORA DURANTE EXAMES

Em alguns países (França) é permitida a utilização de calculadoras programáveis nos exames oficiais, em outros (EUA, Brasil) proibida. Nos cursos de engenharia do Brasil, seu uso durante as provas depende de cada professor.

O avanço tecnológico das calculadoras traz pesadelos para a concepção de provas. As calculadoras são hoje capazes de resolver todas as questões que fazem apelo à técnica ou à memória. A proibição do uso das calculadoras programáveis durante as provas tem os seguintes argumentos: impossibilidade de se controlar seu mal uso durante as provas (cola), evaporação dos conhecimentos, desigualdade de condições entre os alunos etc. Existem softwares (Zview.zip, STG) exclusivamente para organização de "colas" na memória da calculadora.

Entretanto, o saber de cor não é mais a qualidade a ser avaliada nesta época das base de dados. Saber encontrar rapidamente e saber utilizar as informações é a questão fundamental. As técnicas de ensino devem adaptar-se à tecnologia do mundo atual.

O uso de calculadoras programáveis colocam em cheque a capacidade do professor de elaborar provas [2]. O professor deve tomar consciência dos recursos que os fabricantes colocaram em suas calculadoras. Muitos conhecimentos que podem estar sendo cobrados nas provas ali estão. Assim, ele

deve realizar as provas em duas etapas: uma teórica, sem calculadora ou consulta, para o controle dos conhecimentos pessoais imediatamente aplicáveis; e outra prática, com o conjunto do material e documentação do aluno, fazendo uso principalmente de reflexão e análise. Ele deve criar questões que permitem o uso das calculadoras ao ensino e à avaliação. Ele deve suprimir as questões puramente técnicas que se tornaram caducas, e pode utilizar equações numericamente mais complicadas, solicitar a utilização de cálculo numérico e métodos mais complexos para a solução do problema etc.

6. AS CALCULADORAS PROGRAMÁVEIS NO ENSINO DE ENGENHARIA

Nosso estudantes estão muito acostumados com a linguagem da televisão. Cerca de 87% dos domicílios do Brasil possuem aparelhos de TV [7]. Estes alunos habituados ao micro e à televisão se sentem desestimulados com as tradicionais aulas de "cuspe e giz". O ensino torna-se mais eficaz quando apresentado em uma linguagem mais próxima da do aluno. As ferramentas tecnológicas disponíveis podem ajudar a realizar a mudança. O uso intensivo das calculadoras programáveis pode aproximar o professor desta linguagem do aluno.

A técnica tradicional para o ensino de engenharia é analítica, baseada na manipulação de equações, uso de métodos gráficos, tabelas etc. Agora as calculadoras programáveis ou os computadores podem manipular essas equações. Esta técnica de projeto é desatualizada, cansativa e demorada. A popularização dos computadores mudou este perfil. As ferramentas tecnológicas (calculadoras e planilhas) permitem adquirir os conceitos de engenharia graficamente ou numericamente. O poder das ferramentas gráficas modificou o "como" e "o que" ensinar. Estas ferramentas permitem que os alunos analisem aplicações reais.

Entretanto, os softwares comerciais para projetos assistidos por computador, são caros, de operação complexa, e requerem grandes recursos computacionais, o que inviabiliza o seu uso no dia-a-dia da sala de aula. Estes softwares são necessários em uma fase de aprendizado mais aplicada e nos projetos profissionais. Programas simplificados, de uso interativo, podem ser utilizados como recurso didático no ensino de engenharia, com um grande incremento no aprendizado e treino da atividade fim. A disponibilidade das calculadoras programáveis em sala de aula, devido aos seu baixo custo e simplicidade de uso, podem servir como ferramenta didática para esta fase intermediária do ensino. Com as calculadoras os alunos podem resolver problemas muito mais complexos, fazer análises estatísticas detalhadas, calcular incertezas, realizar simulações, traçar gráficos [1, 9] etc. Os alunos devem analisar criteriosamente os resultados obtidos e deste modo construir seu conhecimento de engenharia. Este conhecimento deve ser apresentado sistematizado de forma clara e objetiva em um relatório.

Uma interessante utilização didática das calculadoras programáveis no ensino de engenharia é seu uso na simulação de sistemas e processos [4]. O objetivo dos métodos de simulação é resolver numericamente as equações que representam as propriedades de um sistema ou processo. Como consequência, os métodos de simulação são capazes de calcular as grandezas macroscópicas e microscópicas, quando as relações fundamentais são perfeitamente conhecidas.

Normalmente, os programas de simulação são grandes e complexos, requerendo o uso de computadores rápidos e um longo tempo de CPU para ser processado. Entretanto, se o objetivo for somente dar uma idéia numérica e gráfica dos métodos de simulação, versões simplificadas desses programas são úteis para mostrar como funcionam e quais resultados a simulação computacional pode fornecer. A memória e velocidade limitada das calculadoras programáveis não permite simular sistemas muito complexos. Entretanto, realizando simplificações e com o uso de calculadoras de alto desempenho, é possível utilizar as vantagens desta técnica no ensino de engenharia.

Também podem ser realizadas "Aulas Práticas" com as calculadoras. Para tal o estudante dispõe

do software de simulação e de um guia de práticas, que expõe de modo sucinto a natureza e a teoria da prática, descrevendo a seqüência de operações de entrada de dados na calculadora, e sugestões de questões e/ou problemas que devem ser resolvidos na prática. Durante as "Práticas" o estudante segue a seqüência de passos do experimento e deve escolher e ajustar as variáveis usualmente controladas no experimento (temperatura, pressão, tempo etc). Afim de tornar os resultados mais realísticos, um erro aleatório é adicionado aos resultados da simulação. A simulação também auxilia as aulas práticas reais, à medida que permite ao estudante prever os resultados as serem obtidos com o experimento, corrigindo os erros de montagem e operação. Além disso, o uso de calculadoras permitem uma manipulação de uma maior quantidade de dados e um tratamento estatístico mais sofisticados dos dados.

Esta filosofia sido introduzida com sucesso na disciplina "Instrumentação e Controle de Processos" (EMA060), do 10º Período do Curso de Engenharia Mecânica da UFMG. Os alunos realizam cálculos detalhados de incerteza, desenvolvem programas de cálculo de placas de orifício, simulam sistema de controle PID [8], traçam diagrama de Bode, simulam processos etc. Os programas são desenvolvidos pelos próprios alunos. Isto torna o processo didático mais flexível, atingindo resultados diferentes, dependendo da habilidade criativa dos alunos. A partir da sua introdução notou-se uma maior participação e interesse dos alunos, além de avançar com o programa da disciplina a níveis mais profundos. Esta prática, incentiva a criatividade dos alunos, os habitua a utilizar as calculadoras programáveis como ferramenta usual de trabalho, cria novas aptidões e modifica os método de trabalho.

Alunos de iniciação científica estão atualmente desenvolvendo protótipos de programas de simulação de trocadores de calor, motores de combustão interna, torres de destilação etc, para serem utilizados em outras disciplinas do curso. Muitos programas para as calculadoras programáveis estão disponíveis na Internet, em home-pages especializadas [5, 6, 10, 12, 13, 14, 15, 16].

7. CONCLUSÕES

Acreditamos que um engenheiro pode realizar um trabalho mais efetivo quando ele dispõe, associado aos conceitos de economia e bom-senso, de ferramentas mais efetivas. As ferramentas computacionais estão modificando o modo de pensar e trabalhar do engenheiro. Entretanto os computadores ainda não são plenamente utilizados no ensino devido seu custo e indisponibilidade em sala de aula. Devido a necessária interação é preciso um computador para no máximo dois alunos. As calculadoras programáveis, devido ao seu baixo custo, disponibilidade e portabilidade elas oferecem muitas vantagens sobre os microcomputadores, podendo se tornar um interessante instrumento pedagógico.

Para que as calculadoras possam ser utilizadas como um instrumento eficaz de ensino, é necessário que todos os alunos possuam equipamentos equivalentes, como ocorria nos tempos da régua de cálculo. Os alunos não possuem calculadoras equivalentes, tendo assim, recursos diferentes para a realização de seus trabalhos e provas. O preço das calculadoras "topo-de-linha" não pode ser empecilho. Nos cursos das áreas biológicas (medicina, odontologia), é obrigatório adquirir instrumentos caros para realizar o curso, e todos os alunos o fazem. Além disto, a desatualização tecnológica das calculadoras é muito mais lenta do que as dos computadores: a HP-41 permaneceu mais de 10 anos no mercado.

Com as calculadoras programáveis os alunos podem resolver problemas muito mais complexos. Os alunos devem analisar criteriosamente os resultados obtidos e, deste modo, construir seu conhecimento de engenharia. Este conhecimento deve ser apresentado sistematizado de forma clara e objetiva em um relatório. Infelizmente, além dos recursos e da economia de tempo, as ferramentas computacionais não produzem idéias nem conhecimentos. Este é o papel do engenheiro, que os estudantes de engenharia devem aprender e buscar.

Muitos acreditam que o ensino de engenharia serve para ensinar os alunos a fazer bem, tarefas específicas. Entretanto é necessário também desenvolver as aptidões cognitivas que os alunos necessitam para educar a si mesmos, de modo que, na sua vida profissional estas aptidões permaneçam atualizadas.

Estão sendo desenvolvidos softwares que levam os computadores a um melhor desempenho, que, por sua vez levam a uma melhor produtividade no trabalho. Assim, os alunos que eles não devem ficar limitados e apegados a ferramentas computacionais específicas. Eles devem aprender a utilizar os resultados que podem ser obtidos com a utilização destas ferramentas. A tecnologia está mudando radicalmente, e os estudantes devem estar preparados não somente para se adaptar aos novos tempos, mas também para modificar o futuro.

De nada adianta modernizar o ensino e introduzir novas ferramentas didáticas se o professor não se aperfeiçoar e o estudante não se aplicar. Tradicionalmente nossos alunos estudam pouco: é preciso estudar mais. No momento atual é necessário usar estes recursos para motivar os alunos e revolucionar o processo de aprendizagem. A tecnologia tem seu valor, mas não é fundamental.

8. REFERÊNCIAS

- [1] BIONDI M. MIDORO V. PESCETTI D. The Use of Programmable Pocket Calculators in Engineering Introductory Courses. Intern. Journal of Electrical Engineering Education, v.16, n.2,3, p.138-146, Abril 1979.
- [2] BUSSEER Élisabeth, COHEN Gilles. Qui a Peur des Calculettes Trop Brillantes? La Recherche, v.26, n.279, p.844-5, Setembro 1995.
- [3] BYRNE Diana K. et al. An Advanced Scientific Graphing Calculator. Hewlett-Packard Journal, p.6-22, Agosto 1994. (<http://www.hp/hpj/journal.html>)
- [4] DARNELL J. STERN H.P. Using Computer Simulation as a Bridge Between the Classroom and Laboratory. IEEE International Journal of Electrical Engineering Education, v.33, n.1, p.18-26.
- [5] HP 48GX/SX Home Page. <http://www.isbiel.ch/~lienf/HP-48/hp48.html>
- [6] HP Links. <http://www2.linknet.net/dabum/places.htm>
- [7] IBGE. 1996. <http://www.ibge.gov.br>
- [8] LARMINIE J.R.L. Note: Simulating a PID Controler System Using a Graphics Programmable Calculator. International Journal of Electrical Engineering Education, v.31, n.4, p.375-377, Outubro 1994.
- [9] MERCER Joseph. Teaching Graphing Concepts with Graphing Calculators. The Mathematics Teacher, v.88,n .4, p.268-273, Abril 1995.
- [10] Nicolas Web-HP-48gx. <http://www.cybercom.fr/~nlann/hp-48gx.html>
- [11] ROJAS Raul. Sixty Years of Computation. The Machines of Konrad Zuse. <http://www.zib-berlin.de/Prospect/zusez1z3.html>
- [12] SCD HP48 Programs and Documentation Archives. <http://didecs1-e.epfl.ch/~jcoates/hp48.html>
- [13] HP48's BookMarks: http://www.emn.fr/eleves/promo94-98/Lime/hp/HP48_BookMarks.html
- [14] HP48 Land: <http://www.cs.brandeis.edu/~xray.hp48.html>
- [15] Club HP48 ESIEE: <http://www.esiee.fr/hp48c/>
- [16] HP48 Civil Engineering Programs: <http://www.cen.uiuc.edu/~mel-1/>