



Tradução do livro: **The Hardware Hacker**

Escrito por: **Andrew Huang**

Tradução da capa:

"Um olhar dentro de uma mente sem igual." — Edward Snowden

O Hardware Hacker: Aventuras na Criação e Desmontagem de Hardware

Prefácio.....	2
Parte 1 - Aventuras na Manufatura.....	3
Capítulo 1: Feito na China.....	6
O Mercado de Pulgas de Componentes Eletrônicos Definitivo.....	6
A próxima revolução tecnológica.....	11
Visitando fábricas com o Chumby.....	11
Escala em Shenzhen.....	12
Alimentando a Fábrica.....	13
Dedicação a qualidade.....	15
Construindo tecnologia sem usá-la.....	17
Trabalhadores qualificados.....	17
A necessidade de artesãos.....	19

Prefácio

Quando Bill Pollock, fundador da No Starch Press, entrou em contato comigo com a ideia de publicar uma compilação dos meus escritos, eu estava pessimista. Não achava que haveria material suficiente para preencher cem páginas. Parece que eu estava errado.

Minha mãe costumava dizer: “Não importa o que está em sua cabeça se você não consegue expressar isso para as pessoas”. Quando eu estava na sétima série, ela me matriculou em uma aula de redação de ensaios após o horário escolar. Na época, eu odiava a aula, mas, em retrospecto, sou grato. Desde os ensaios da minha inscrição na faculdade até hoje, descobri que a habilidade de organizar meus pensamentos em prosa é inestimável.

A maior parte do material deste livro foi originalmente publicada no meu blog, mas, como você verá em breve, essas postagens não eram artigos superficiais escritos apenas para gerar receita com anúncios. Uma das razões pelas quais escrevo é solidificar minha própria compreensão de assuntos complicados. É fácil acreditar que entendemos um tópico até tentarmos explicá-lo a outra pessoa de maneira rigorosa. A escrita é como destilar minha intuição em conhecimento estruturado, só escrevo quando encontro algo interessante para compartilhar e, em seguida, divulgo com uma licença CC BY-SA para incentivar outros a compartilharem também.

Este livro inclui uma seleção dos meus escritos sobre manufatura, propriedade intelectual (com foco na comparação entre perspectivas ocidentais e chinesas), hardware aberto, engenharia reversa e biologia e bioinformática. Os bons editores da No Starch Press também selecionaram algumas entrevistas que fiz no passado e que foram especialmente informativas ou perspicazes. O fio comum ao longo desses diversos tópicos é o hardware: como ele é fabricado, os quadros legais que o cercam e como ele é desmontado. E sim, sistemas biológicos também são hardware.

Sempre me senti atraído pelo hardware porque, embora não seja especialmente talentoso em pensamento abstrato (daí a necessidade de escrever para organizar meus pensamentos), sou bastante habilidoso com as mãos. Tenho muito mais chances de entender coisas que posso ver com meus próprios olhos.

Parte 1 - Aventuras na Manufatura

Pisei pela primeira vez na China em novembro de 2006. Não tinha ideia do que estava prestes a vivenciar. Quando contei à minha mãe que iria visitar Shenzhen, ela exclamou: “Por que você está indo para lá? É apenas uma vila de pescadores!” Ela não estava errada: em 1980, Shenzhen era apenas uma cidade com 300.000 habitantes, mas em menos de 30 anos, transformou-se em uma megacidade com 10 milhões de pessoas. Entre minha primeira visita e o momento em que escrevi este livro, Shenzhen ganhou uma população estimada de 4 milhões de pessoas - mais do que a população de Los Angeles.

De certa forma, minha compreensão da produção ao longo dos anos refletiu o crescimento de Shenzhen. Antes de ir para a China, eu nunca havia produzido nada em grande escala. Eu não sabia nada sobre cadeias de suprimentos. O termo ‘operações e logística’ parecia algo saído de um livro de matemática ou programação.

Mesmo assim, Steve Tomlin, meu chefe na época, me incumbiu de descobrir como construir uma cadeia de suprimentos adequada para nossa startup de hardware, Chumby. Enviar um novato para a China era um grande risco, mas minha falta de preconceitos acabou sendo mais um ativo do que um passivo. Naquela época, os capitalistas de risco evitavam o hardware, e a China era vista apenas como um destino para empresas estabelecidas que buscavam produzir centenas de milhares de unidades de um determinado produto. Minha primeira série de visitas à China certamente confirmou essa ideia, pois eu visitei principalmente mega-fábricas que atendiam às 500 maiores empresas do mundo.

A Chumby teve a sorte de ser acolhida pela PCH International como sua primeira cliente startup. Na PCH, fui orientado por alguns dos melhores engenheiros e especialistas em cadeia de suprimentos. Também tive a sorte de compartilhar minhas experiências em meu blog, já que a Chumby foi uma das primeiras startups de hardware aberto do mundo.

Apesar de enfrentarmos constantemente o desafio de atender aos volumes mínimos de pedidos de nossos parceiros de fabricação convencionais, comecei a notar pequenas coisas que não se alinhavam com a sabedoria convencional. De alguma forma, as empresas chinesas locais conseguiram reinventar a tecnologia em produtos personalizados e exclusivos. Os chamados shanzhai integravam celulares em formas inusitadas, como isqueiros e estatuetas douradas de Buda (mais sobre isso no Capítulo 4). A natureza de nicho desses produtos significava que eles precisavam ser economicamente viáveis mesmo em volumes menores. Além disso,

observei que as fábricas conseguiam produzir rapidamente circuitos adaptadores personalizados e equipamentos de teste de alta qualidade em volumes unitários.

Sentia que havia mais no ecossistema - uma história que estava sendo contada repetidamente - mas poucos tinham tempo para ouvir, e aqueles que ouviam prestavam atenção apenas nas partes que queriam ouvir. A crise financeira de 2008 mudou tudo. O mercado de eletrônicos de consumo foi devastado, e as fábricas que antes estavam ocupadas imprimindo dinheiro agora estavam nadando em capacidade excedente. Fiz amizade com várias fábricas de médio porte na região. Comecei a investigar como essas fábricas conseguiam produzir com tanta agilidade seus equipamentos de teste internos, e como os shanzhai conseguiam prototipar e construir celulares personalizados tão exclusivos.

Os chefes e engenheiros inicialmente estavam reticentes, não porque quisessem esconder possíveis vantagens competitivas de mim, mas porque sentiam vergonha de suas práticas. Os clientes estrangeiros estavam cheios de processos corporativos, documentação e procedimentos de qualidade, mas também pagavam caro por essas burocracias. As empresas locais eram muito mais informais e pragmáticas. E daí se uma caixa está rotulada como “sucata”? Se as peças dentro dela servem para um trabalho, então use-as!

Eu queria fazer parte disso. Como engenheiro, inventor e hacker, eu me preocupava muito com o custo de produzir algumas unidades, e alguns defeitos menores de montagem não eram nada comparados aos problemas de design que eu precisava depurar. Eventualmente, consegui persuadir uma fábrica a me permitir construir uma peça usando seu processo de montagem de baixa qualidade, mas ultra barato.

O truque era garantir que eu pagaria por todo o produto, incluindo as unidades defeituosas. A maioria dos clientes se recusa a pagar por produtos imperfeitos, forçando a fábrica a arcar com o custo de qualquer peça que não esteja exatamente dentro das especificações. Assim, as fábricas desencorajam fortemente os clientes a usar processos mais baratos, mas de baixa qualidade.

Claro, minha promessa de pagar por produtos defeituosos significava que não havia incentivo para a fábrica fazer um bom trabalho. Teoricamente, ela poderia simplesmente me entregar uma caixa de peças defeituosas e eu ainda teria que pagar por isso. Mas, na realidade, ninguém tinha más intenções; contanto que todos simplesmente fizessem o seu melhor, eles acertavam cerca de 80% do tempo. Como os custos de produção em pequenos volumes são dominados pela configuração e montagem, minha linha de fundo ainda era melhor, apesar de jogar fora 20% das peças, e eu recebia as peças em apenas alguns dias, em vez de algumas semanas.

Ter opções para equilibrar custo, prazo e qualidade muda tudo. Tenho me esforçado para descobrir mais métodos alternativos de produção e continuar encurtando o tempo entre a concepção e a entrega de produtos, com cada vez mais opções ao longo do espectro de custo-prazo-qualidade.

Após a Chumby, decidi permanecer desempregado, em parte para me dar tempo para descobertas. Por exemplo, todo mês de janeiro, em vez de ir à frenética Consumer Electronics Show (CES) em Las Vegas, alugava um apartamento barato em Shenzhen e me dedicava ao “estudo monástico da manufatura”; pelo preço de uma noite em Las Vegas, vivia em Shenzhen por um mês. Escolhi bairros onde não havia falantes de inglês e me forcei a aprender o idioma e os costumes para sobreviver. (Embora eu seja etnicamente chinês, meus pais priorizaram a fluência sem sotaque em inglês em vez de aprender chinês.)

Eu vagava pelas ruas à noite e observava os becos, tentando entender todas as coisas estranhas e maravilhosas que via durante o dia. Os negócios continuam em Shenzhen até altas horas da manhã, mas em um ritmo muito mais lento. À noite, eu conseguia identificar agentes solitários agindo de acordo com seus interesses e intenções.

Se há algo que esses estudos me ensinaram, é que ainda tenho muito a aprender. O ecossistema do Delta do Rio das Pérolas é incompreensivelmente vasto. Assim como o Grand Canyon, simplesmente percorrer uma trilha da borda à base não significa que você viu tudo. No entanto, consegui adquirir conhecimento suficiente para construir um laptop personalizado e desenvolver um novo processo para circuitos eletrônicos peel-and-stick.

Nesta parte do livro, você acompanhará minha jornada enquanto aprendi o ecossistema de Shenzhen ao longo dos anos, por meio de uma mistura de postagens de blog que escrevi ao longo do caminho. Alguns dos ensaios são reflexões sobre aspectos específicos da cultura chinesa; outros são estudos de caso de práticas de fabricação específicas. Concluo com um capítulo chamado “O Chão de Fábrica”, um conjunto de sumários.

No entanto, a retrospectiva é 20/20. Depois de percorrer um caminho, é fácil apontar os atalhos e perigos ao longo do caminho; é ainda mais fácil esquecer todas as voltas erradas e suposições equivocadas. Não existe um método único para abordar a China, e minha esperança é que, ao ler essas histórias, você possa chegar a suas próprias conclusões (talvez diferentes) que atendam melhor às suas necessidades únicas.

Capítulo 1: Feito na China

Antes da minha primeira visita à China, eu estava convencido de que Akihabara, em Tóquio, era o lugar ideal para os últimos eletrônicos, bugigangas e componentes. Isso mudou em janeiro de 2007, quando pus os olhos pela primeira vez no Mercado de Eletrônicos SEG em Shenzhen. O SEG possui oito andares com todos os componentes que um viciado em hardware poderia desejar, e só mais tarde descobri que isso é apenas a ponta do iceberg do distrito de eletrônicos de Hua Qiang.

Na época, eu era o engenheiro de hardware líder na Chumby, e estava na China com o então CEO Steve Tomlin para descobrir como produzir os chumbys (um dispositivo de entrega de conteúdo de código aberto com Wi-Fi) de forma barata e pontual. Com preços como os do SEG, estávamos definitivamente no país certo para pelo menos a primeira parte dessa missão ser um sucesso.

8 CHAPTER 1



*Shenzhen's SEG Electronics Market, the new electronics mecca.
Akihabara, eat your heart out!*

Legenda: O Mercado de Eletrônicos SEG em Shenzhen, a nova meca dos eletrônicos. Akihabara, você que se cuide!

O Mercado de Pulgas de Componentes Eletrônicos Definitivo

Quando entrei pela primeira vez no prédio da SEG Electronics Market em Shenzhen, fui sobrecarregado por um turbilhão de componentes eletrônicos: fitas e bobinas de resistores e capacitores, circuitos integrados (CIs) de todos os tipos, indutores, relés, pontos de teste de pinos pogo, voltímetros e bandejas de chips de memória. Como um novato total na fabricação em grande volume, fiquei impressionado com tudo o que vi na SEG.

Todos esses componentes estavam amontoados em pequenas bancas de seis por três pés, cada uma com um atendente mexendo em um laptop. Alguns atendentes jogavam Go, enquanto outros contavam peças. Algumas bancas eram verdadeiras lojas familiares, com mães cuidando de bebês e crianças brincando pelos corredores.



A couple of family-run component shops

Legenda: *Algumas lojas de componentes familiares*

Outras bancas eram configurações profissionais com funcionários uniformizados, e essas funcionavam como um bar – completas com banquetas – para componentes eletrônicos.



Legenda: *Um vendedor de peças profissional e elegante*

A swanky professional parts seller

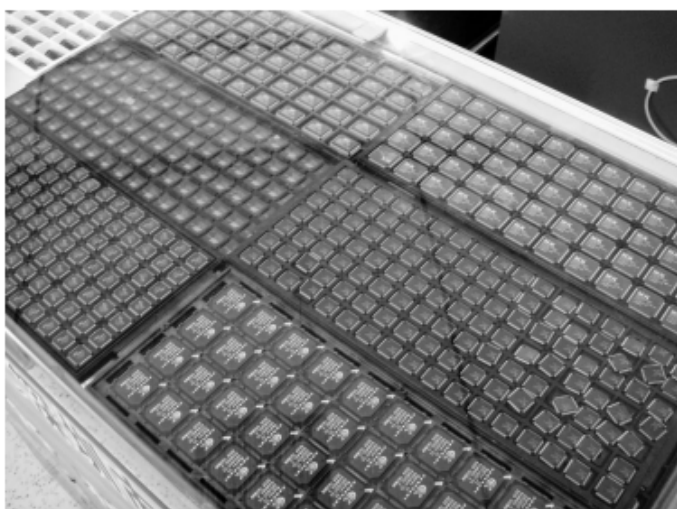
Ninguém na SEG Electronics Market diz: “Ah, você pode pegar 10 desses LEDs ou alguns desses relés”, como você poderia ouvir em Akihabara. Não, não. Essas bancas são especializadas e, se você encontrar um componente de que goste, geralmente pode comprar vários tubos, bandejas ou bobinas dele; você pode obter o suficiente para entrar em produção no dia seguinte. Observando o mercado, vi uma mulher organizando pilhas de cartões mini-SD de 1 GB como fichas de pôquer. Um homem estava embalando bastões de memória Kingston de 1 GB em pacotes de varejo, e ao lado dele, uma garota estava contando resistores.



Legenda: O canto inferior esquerdo desse display estava repleto de todos os tipos de cartões SD.

The bottom-left corner of this display was packed with all kinds of SD cards.

Outra banca tinha pilhas de fontes de alimentação, varistores, baterias e programadores de ROM. E ainda outra continha chips de todos os tipos: Atmel, Intel, Broadcom, Samsung, Yamaha, Sony, AMD, Fujitsu e muito mais. Alguns desses chips foram claramente retirados de equipamentos usados e reetiquetados, enquanto outros estavam em embalagens OEM novas e marcadas a laser.



Legenda: A quantidade impressionante de chips à venda em uma única banca SEG era algo extraordinário.

The sheer quantity of chips for sale at a single booth at SEG was incredible.

Vi chips que eu nunca poderia comprar nos Estados Unidos, bobinas de capacitores cerâmicos raros que eu só podia sonhar à noite. Meus sentidos se aguçaram; minha cabeça girou. Eu não conseguia conter um sorriso de antecipação enquanto eu caminhava pela próxima esquina e via lojas empilhadas do chão ao teto com provavelmente 100 milhões de resistores e capacitores.



Legenda: Bobinas e mais bobinas de componentes, em todas as vitrines das lojas

Reels and reels of components, in every shop window

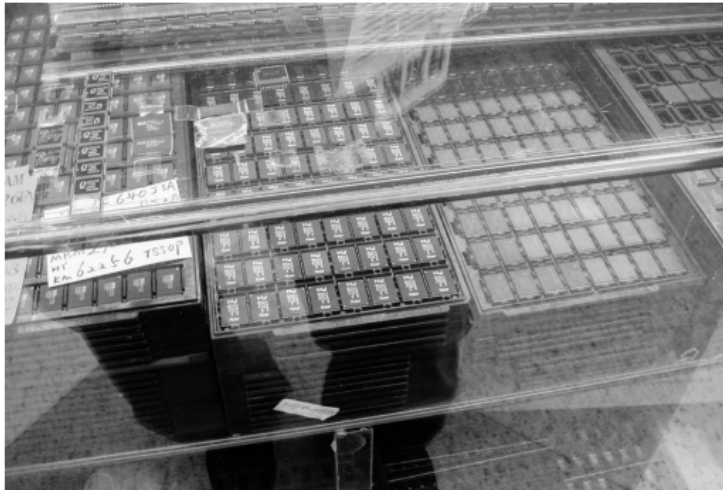
Elementos de câmeras Sony CCD e CMOS! Eu não poderia comprá-los nos Estados Unidos nem se eu arrancasse os dentes dos vendedores. (Alguns vendedores até têm as fichas técnicas atrás do balcão; sempre pergunte.) Em seguida, avistei um monte de chips reguladores Micrel, seguidos por um chip Blackfin DSP à venda. Perto dali, uma senhora contava chips de DRAM de 256Mb — bandejas com 108 componentes, empilhadas a 20 de altura, em talvez 10 fileiras.



Legenda: A equivalente do estoque completo de chips de DRAM da Digi-Key estava bem na minha frente!

The equivalent of Digi-Key's entire stock of DRAM chips sat right in front of me!

E do outro lado dela, havia mais meia dúzia de lojinhas repletas de chips, assim como os dela. Em uma das lojas, um homem se orgulhava de uma bandeja de chips NAND flash de 4Gb. Tudo isso estava disponível para um pouco de pechincha, um pouco de dinheiro e uma despedida apressada.



Legenda: Uma observação detalhada de uma bandeja de chips de flash de 4Gb

A close look at a tray of 4Gb flash chips

E isso é apenas os dois primeiros andares da SEG. Existem mais seis andares com componentes de computador, sistemas, laptops, placas-mãe, câmeras digitais, câmeras de segurança, pen drives, mouses, câmeras de vídeo, placas gráficas de alta qualidade, monitores de tela plana, fragmentadoras, luminárias, projetores — você escolhe. Nos fins de semana, “garotas de estande” vestidas com macacões brilhantes da Acer e extravagantes ficam por perto, tentando atrair você para comprar seus produtos. Este mercado tem toda a energia de uma CES durante o ano todo, exceto que, em vez de apenas mostrar as últimas tecnologias, o objetivo é levá-lo a esses estandes para comprar hardware. Feiras comerciais sempre parecem um pouco provocantes, com sua respiração criando anéis fantasmagóricos no vidro enquanto você paira sobre os produtos inalcançáveis por baixo.

Mas a SEG não é um strip tease. É a orgia das compras eletrônicas para consumidores e indústria, onde você pode colocar suas mãos sujas em cada equipamento por *alguns kuai** do seu bolso. Entre o cheiro e a agitação, a SEG é o mercado de pulgas de componentes eletrônicos definitivo. É como se a DigiKey tivesse enlouquecido e deixado macacos soltos em seu depósito em Minnesota, e o caos resultante tivesse se espalhado por um mercado de pulgas na China.

Claro, muitas das peças que me maravilhei em 2007 são antiguidades agora. Por exemplo, chips de flash de 4Gb são descartáveis, e discos flash de 1GB são notícias antigas. Na época, no entanto, essas coisas eram um grande negócio, e a SEG ainda é o melhor lugar para obter as últimas tecnologias em grande quantidade

A próxima revolução tecnológica

A três quarteirões de distância da SEG, encontra-se a Shenzhen Bookstore. A primeira e mais visível prateleira é dedicada a livros estrangeiros, repleta de clássicos como *The Design of CMOS Radio-Frequency Integrated Circuits*, do professor da Universidade de Stanford, Thomas Lee, e vários títulos do professor da UCLA, Behzad Razavi. Peguei o livro de Lee, que custou 68 kuai, ou \$8,50 USD. Incrível! O livro de Jin Au Kong sobre as equações de Maxwell? Apenas \$5. Jin Au Kong me ensinou as equações de Maxwell no MIT.

Em um surto de empolgação, enchi minha mochila com seis ou sete títulos, provavelmente valendo cerca de \$700 se eu os tivesse comprado nos Estados Unidos. No caixa, é possível adquirir todos por menos de \$35, incluindo os CDs suplementares, economizando cerca de \$665. Isso é equivalente a comprar uma passagem de classe econômica para Hong Kong!

Na China, o conhecimento é barato. Os componentes também são. O conhecimento contido nos livros da Shenzhen Bookstore é a verdadeira essência, e os componentes para aplicar esse conhecimento estão logo ali na SEG. E, a apenas uma hora de carro ao norte, existem provavelmente 200 fábricas capazes de transformar qualquer ideia eletrônica em produção em massa. Essas não são fábricas ultrapassadas. Com meus próprios olhos, vi transceptores de fibra óptica de 1.550 nanômetros, de marca reconhecida, sendo construídos e testados lá. Shenzhen é solo fértil, e você precisa ver para entender.

Shenzhen tem a vibração das feiras de trocas do Vale do Silício nos anos 80, quando todas as grandes empresas estavam sendo fundadas e começando a operar. Mas aqui, essa sensação é amplificada por 25 anos de progresso na Lei de Moore e na velocidade da circulação de informações via internet. Nesta cidade de 12 milhões de habitantes, a maioria está envolvida em tecnologia ou manufatura, muitos estão aprendendo inglês e todos estão dispostos a trabalhar duro.

Em algum lugar de Shenzhen, deve haver um Jobs e Wozniak construindo silenciosamente a próxima revolução. E eu também sou parte de Shenzhen, ainda tremendo de terror e excitação com a ideia de fazer parte dessa revolução. Esta é a minha história, começando com aquela viagem reveladora a Shenzhen para o Chumby.

Visitando fábricas com o Chumby

Em setembro de 2006, a Chumby era apenas uma equipe de cerca de meia dúzia de pessoas, e tínhamos acabado de distribuir cerca de 200 protótipos iniciais de dispositivos Chumby no FOO Camp, uma conferência organizada por Tim O'Reilly. Os dispositivos foram muito bem recebidos pelos participantes do FOO Camp, então recebi a autorização para construir a cadeia de suprimentos asiática.

Steve e eu fomos à China para visitar fábricas potenciais em novembro, mas antes de partirmos, tínhamos um fornecedor confiável nos Estados Unidos que nos deu o melhor preço para o trabalho como base para negociações com os fabricantes chineses. Em seguida, ligamos para muitos amigos com experiência na China e agendamos cerca de seis

visitas a fábricas. Visitamos uma variedade de lugares, desde fábricas especializadas com apenas 500 pessoas até mega-fábricas com mais de 40.000 pessoas.

Não há substituto para visitar uma fábrica na China pessoalmente. As fotos só podem contar a história conforme enquadrada pelo fotógrafo, e você não pode ter uma noção da escala e qualidade das instalações sem ver com seus próprios olhos. Em geral, as fábricas recebem bem as visitas, e eu não trabalharia com uma que não permitisse minha visita. No entanto, a maioria das fábricas aprecia um aviso prévio de uma semana, embora, à medida que seu relacionamento com elas progride, as coisas se tornem mais abertas e transparentes.

Falando em abertura, a natureza de código aberto da Chumby ajudou muito no processo de seleção de fábrica. Primeiro, não tínhamos medo de que as pessoas roubassem nosso design (já estávamos distribuindo-o gratuitamente), então eliminamos o atrito dos NDAs (acordos de não divulgação) ao compartilhar informações críticas, como a lista de materiais. Acredito que isso nos deu uma melhor recepção com as fábricas na China, pois parecíamos mais dispostos a abrir para eles. Em segundo lugar, não havia dúvida na mente de nenhuma fábrica de que isso era uma situação competitiva. Qualquer pessoa poderia e iria cotar e licitar nosso trabalho (na verdade, recebemos algumas cotações não solicitadas que eram bastante competitivas), o que economizou uma rodada de discussões e negociações.

Após analisar várias opções de fabricação, Steve e eu eventualmente decidimos trabalhar com uma empresa chamada PCH China Solutions. A PCH em si possui apenas algumas instalações, mas possui uma rede abrangente de fornecedores confiáveis e validados, principalmente na China, mas também na Europa e nos Estados Unidos. Não surpreendentemente, as fábricas que a PCH subcontrata eram algumas das melhores instalações que visitamos na China. A PCH tem sua sede na Irlanda, portanto, a maioria de seus engenheiros é irlandesa, o que também eliminou a barreira do idioma para nós. (Os engenheiros da PCH também são trabalhadores, criativos e bem treinados — e, como bônus, eles sempre parecem saber o melhor lugar para encontrar uma pint de cerveja, não importa onde estejam. Eu não fazia ideia de que a China tinha tantas torneiras de Guinness!)

Há muito a absorver quando você visita uma fábrica, quanto mais meia dúzia delas, e é fácil ficar sobrecarregado e perdido nas complexidades da manufatura eletrônica. No entanto, durante minhas visitas às fábricas para o Chumby e ao trabalhar com a PCH para dar vida ao Chumby, encontrei alguns detalhes-chave que achei fascinantes.

Escala em Shenzhen

Uma coisa impressionante ao trabalhar na China é a imensa escala do lugar. Embora eu não tenha visitado uma fábrica de automóveis em Michigan ou a fábrica da Boeing em Seattle, tenho a sensação de que Shenzhen dá um banho de escala em ambas. Em 2007, Shenzhen tinha 9 milhões de habitantes.

Para lhe dar uma ideia da escala de uma fábrica em Shenzhen, a fábrica da New Balance empregava 40.000 pessoas e tinha capacidade para produzir mais de um milhão de sapatos por mês. Estimo que, desde o tecido bruto até o sapato acabado, o processo levava cerca

de 50 minutos, e cada pacote perfeitamente costurado de plástico e couro era costurado à mão em uma máquina de costura industrial. As estações são projetadas para que cada etapa do processo leva cerca de 30 segundos para um trabalhador.

Claro, a fábrica da New Balance é ofuscada pela Foxconn, a fábrica onde são fabricados iPods e iPhones.



Legenda: *Você sabe que é grande quando tem sua própria saída da rodovia.*

You know you're big when you have your own exit off the freeway.

A Foxconn é uma instalação enorme, aparentemente com mais de 250.000 funcionários, e possui seu próprio status especial de livre comércio. Toda a instalação é cercada, e ouvi dizer que você precisa mostrar seu passaporte e passar pela alfândega para entrar na instalação. Isso é quase tão impressionante quanto os cães robóticos movidos a energia nuclear das franquias de corporações nacionais descritos no livro “Snow Crash” de Neal Stephenson.

Alimentando a Fábrica

Existe um antigo ditado chinês: “min yi shi wei tian”. A tradução literal seria “as pessoas consideram a comida divina” ou “para as pessoas, a comida está ao lado do céu”. Você também pode interpretá-lo como um conselho governamental: “o mandato do governo [sinônimo de céu] é tão robusto quanto a comida no prato das pessoas”. Ou, você pode vê-lo como uma desculpa para procrastinar: “vamos comer primeiro [já que é tão importante quanto o céu]”.

Existe um antigo ditado chinês: “min yi shi wei tian”. A tradução literal seria “as pessoas consideram a comida divina” ou “para as pessoas, a comida está ao lado do céu”. Você também pode interpretá-lo como um conselho governamental: “o mandato do governo [sinônimo de céu] é tão robusto quanto a comida no prato das

peessoas”. Ou, você pode vê-lo como uma desculpa para procrastinar: “vamos comer primeiro [já que é tão importante quanto o céu]”.

De qualquer forma, acredito que o ditado ainda é válido na China. Uma métrica importante para avaliar como uma fábrica trata seus funcionários é a qualidade da comida, pois é comum que os trabalhadores sejam alojados, alimentados e cuidados no local. A comida é realmente muito boa em algumas fábricas. Por exemplo, ao comer com os trabalhadores na fábrica que fabricava as placas de circuito do Chumby, fui servido com uma mistura de peixe cozido no vapor, carne de porco grelhada, rolinhos de ovo, vegetais fritos e uma combinação de legumes e carne em conserva. Arroz, sopa e maçãs também foram fornecidos em quantidades “sirva-se”.



Legenda: *Uma refeição da fábrica que fez as placas de circuito chumby*

A meal from the factory that made the chumby circuit boards

Cada fábrica que visitei também tinha utensílios e pratos separados para os convidados. Em uma fábrica, minha comida foi servida em um prato de isopor com hashis descartáveis, enquanto um trabalhador da fábrica com quem comi foi servido com comida em um prato de aço com hashis de aço. Como eu não havia passado no exame físico da fábrica, eles me deram talheres descartáveis para evitar que eu contaminasse a fábrica com possíveis doenças estrangeiras.

Quanto à escala, algumas operações de alimentação em fábricas são impressionantemente grandes. Ouvi dizer que os trabalhadores da Foxconn consomem 3.000 porcos por dia. Dos porcos aos iPhones, tudo acontece bem aqui em Shenzhen.



Legenda: *Um caminhão cheio de porcos, saindo da rodovia em direção à Foxconn*

A truckload of pigs, exiting the highway toward Foxconn

Dedicação a qualidade

Depois de começar a trabalhar com a PCH na fabricação real do Chumby, me deparei com uma situação por volta de junho de 2007 que mostrou o comprometimento dos trabalhadores da fábrica em Shenzhen em fazer seus trabalhos corretamente.

Eu havia atualizado a placa-mãe do Chumby para incluir um microfone eletreto, com um transistor de efeito de campo (FET) integrado. O microfone precisava ser inserido na orientação correta em relação ao circuito para que o FET recebesse uma corrente de polarização adequada.

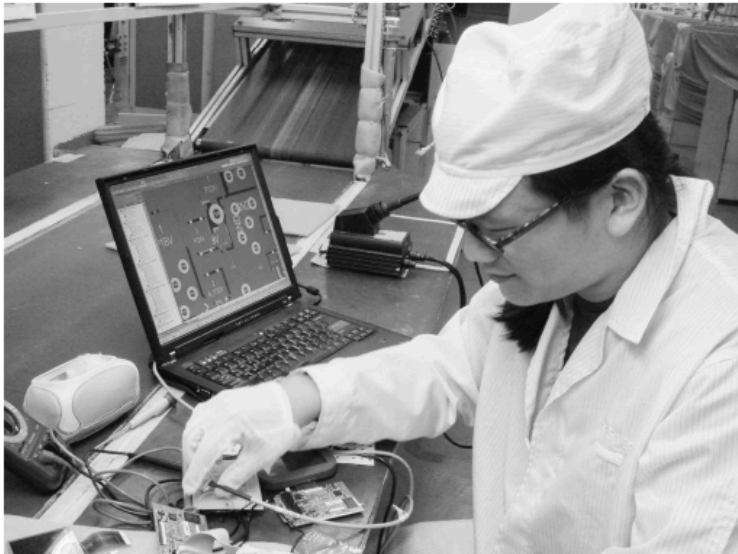
As primeiras amostras que recebi da fábrica da PCH tinham o microfone invertido, e liguei para a fábrica para pedir que revertisse sua polaridade. Eu estava planejando visitar a fábrica na próxima semana e queria ver as amostras corrigidas. No entanto, ao testar o microfone, descobri com desgosto que os microfones ainda não estavam funcionando corretamente.

Como isso poderia acontecer? Existem apenas duas maneiras de conectar um microfone. Acontece que havia dois operadores na linha de montagem do microfone. Um deles soldou os fios vermelho e preto ao microfone. O próximo soldou esses fios vermelho e preto à placa de circuito. Os operadores foram instruídos a inverter a ordem, e ambos obedeceram diligentemente — me dando um microfone que ainda estava soldado de forma invertida, mas com as cores dos fios trocadas. (Isso é na verdade uma história bastante típica para problemas na China.)

A fábrica estava programada para fabricar a primeira rodada piloto de 450 placas de circuito no dia seguinte. Tudo tinha que correr perfeitamente para que o cronograma de produção do Chumby fosse mantido. Reconstruímos os estênceis de soldagem (estávamos depurando um problema de rendimento com o CODEC de áudio embalado em QFN) e os tínhamos prontos por volta do meio-dia. Por volta das 18h, eu tinha as primeiras placas em minhas mãos para testar. Executei o teste final da fábrica, e o dispositivo falhou novamente

— no microfone. Isso não foi um momento feliz para ninguém na fábrica, pois a fábrica era responsável por quaisquer defeitos de fabricação.

Vesti meu avental e marchei até a linha para começar a depurar o problema. Pelo resto da noite, permaneci na fábrica, e todos os gerentes e técnicos envolvidos na fabricação do Chumby também permaneceram. A pressão era enorme: bem ao nosso lado, havia uma linha produzindo 450 placas de circuito potencialmente defeituosas, e eu estava incomodado em interromper a produção porque ainda não sabia qual era a causa raiz, e tínhamos que manter o cronograma.



Legenda: *Eu estava depurando circuitos às 3 da manhã do dia do teste final de fábrica do Chumby.*

I was debugging circuits at 3 AM on the day of the final factory test for the chumby.

Literalmente, um painel de trabalhadores da fábrica ficou à disposição a noite toda para me trazer tudo o que eu precisava: ferros de solda, equipamentos de teste, mais placas, máquinas de raio-X, microscópios. Notavelmente, nenhuma pessoa hesitou, nenhuma pessoa reclamou, nenhuma pessoa perdeu o foco no problema. As pessoas cancelaram planos de jantar com amigos sem pestanejar. Quem não era necessário em um momento específico estava ocupado supervisionando outros aspectos do projeto. Eu não via dedicação cega assim desde que trabalhei com a equipe de robótica subaquática autônoma do MIT.

E isso continuou até as 3 horas da manhã.

Embaraçosamente, o problema não era culpa da PCH no final. O problema estava na nova versão do firmware que recebi no mesmo dia da equipe nos Estados Unidos. Ela continha um bug que desativava o microfone devido a um hack que foi acidentalmente incluído na árvore de compilação.

Ainda mais impressionante, quando a PCH descobriu, ninguém ficou com raiva e ninguém reclamou. (Bem, a vendedora me deu uma bronca, mas eu mereci; ela foi gentil o suficiente para me acompanhar na linha de produção a noite toda e ser minha tradutora, já que meu mandarim não estava à altura.) Eles simplesmente ficaram aliviados por não ter sido culpa deles.

Nos despedimos e eu voltei para a fábrica no dia seguinte às 11h, depois de uma boa noite de sono. Vi a Christy, a gerente de projeto da fábrica para a fabricação das placas do Chumby. Perguntei a ela quando ela começava a trabalhar, e ela me disse que sempre precisa se apresentar às 8h. Comecei a me sentir realmente mal; a Christy ficou acordada até tarde por causa do nosso problema, e ela chegou cedo enquanto eu dormia. Perguntei a ela por que ela ficou acordada até tão tarde, mesmo sabendo que tinha que se apresentar para trabalhar às 8h. Ela apenas sorriu e disse: "É meu trabalho garantir que isso seja feito, e quero fazer um bom trabalho".

Construindo tecnologia sem usá-la

Aqui está outra história interessante. Ao sairmos do chão de fábrica em um dia, Xiao Li (a gerente de garantia de qualidade na fábrica onde fabricamos o Chumby) me perguntou: "O que faz um Chumby?" Eu não falava muito bem o chinês, e ela também não falava muito bem o inglês, então decidi começar com algumas perguntas básicas.

Perguntei se ela sabia o que era a World Wide Web. Ela disse que não.

Perguntei se ela sabia o que era a internet. Ela disse que não.

Fiquei atordoado e não sabia o que dizer. Como você descreve a cor azul para um cego?

Xiao Li era uma especialista em montagem e teste de computadores. Em alguns projetos, ela provavelmente montou PCs e inicializou o Windows XP centenas de milhares de vezes. (Deus sabe que ouvi aquele maldito som de inicialização um zilhão de vezes durante o incidente do microfone, já que havia um banco de estações de teste final para placas-mãe ASUS bem ao meu lado.) Mas ela não sabia o que era a internet.

Eu havia assumido que, se você tocasse em um computador, também seria abençoado pelas bênçãos da internet. De repente, senti-me como um esnobe mimado e um porco por esquecer que a Xiao Li provavelmente não podia pagar por um computador, muito menos por acesso à internet banda larga. Dada a oportunidade, ela certamente era inteligente o suficiente para aprender tudo, mas estava ocupada demais ganhando dinheiro, que provavelmente enviava de volta para sua família.

No final, o melhor que pude fazer foi dizer a Xiao Li que o Chumby era um dispositivo para jogar jogos.

Trabalhadores qualificados

Os trabalhadores de Shenzhen podem não saber muito sobre tudo o que produzem, mas, além de seu comprometimento, eles são altamente habilidosos. Certa vez, observei um homem trabalhando na mesma fábrica que costurava as bolsas do Chumby, e juro que ele conseguia costurar estojo de maquiagem em 5 segundos por bolsa. E ele nem estava 100% focado em sua tarefa; estava ouvindo seu iPod enquanto costurava.

E, aparentemente, ele não era o funcionário mais rápido! Havia alguém cerca de duas vezes mais rápido, e ele estava na empresa há cerca de sete anos. Fui assistir ao trabalhador mais rápido, mas ele já havia ido almoçar porque havia terminado tudo; havia

dois enormes recipientes de estojo de maquiagem acabados ao lado de sua estação de trabalho.

Em uma nota semelhante, fiquei impressionado ao descobrir como as etiquetas emborrachadas (aquelas que você vê em roupas) são feitas na China. Eu sempre pensei que elas fossem prensadas por uma máquina, mas estava errado. Todas aquelas palavras, cores e letras são desenhadas à mão. Alguém simplesmente coloca um estêncil de logotipo sobre a etiqueta em branco, pinta sobre o estêncil com precisão incrível e passa para a próxima etiqueta em sua fila. Quando há múltiplas cores, há uma pessoa para cada cor, para manter o processo rápido.

Perguntei à PCH se eles tinham fábricas mecanizadas para coisas desse tipo. Eles me disseram que essas instalações existem, mas a quantidade mínima de pedido é enorme (centenas de milhares, às vezes milhões) devido ao custo extraordinariamente baixo do produto e ao custo relativamente alto das ferramentas para o processo automatizado. Isso está de acordo com o que ouvi sobre os brinquedos do McLanche Feliz. Eles geralmente são mantidos juntos com parafusos, porque é mais barato pagar alguém para montar manualmente o brinquedo durante toda a produção do que fazer uma ferramenta de moldagem por injeção de aço com as tolerâncias necessárias para encaixar os brinquedos.

Havia um dilema semelhante dentro do hardware do Chumby. Existiam quatro conectores na eletrônica interna do Chumby. Usando fornecedores baseados nos EUA, um conector tinha o melhor preço de cerca de \$1 USD, e os outros três tinham o melhor preço de cerca de \$0,40 cada. A talentosa especialista em sourcing da PCH (sua reputação era temida e respeitada por todos os fornecedores) conseguiu encontrar conectores que custavam \$0,10 e \$0,06, respectivamente, economizando quase \$2 no custo total. No entanto, havia um porém: os conectores não tinham a almofada plástica sacrificial para montagem automatizada.

A solução? Uma pessoa, é claro.



Legenda: *Este homem colocou à mão os conectores mais baratos em cada chumby, por cerca de um níquel por unidade. Graças a ele, os chumbys eram 2 dólares mais baratos, o que liberou mais dinheiro para nós, consumidores, gastarmos no Starbucks.*

This man hand-placed the cheaper connectors on every chumby, for about a nickel per unit. Thanks to him, chumbys were \$2 cheaper, which freed up more money for us consumers to spend at Starbucks.

A necessidade de artesãos

Gostaria de apresentar a você um homem que conheço simplesmente como Mestre Chao. Eu o conheci durante o processo de fabricação do Chumby, e tenho quase certeza de que, em sua vida, você já usou ou viu algo que ele criou.

Quando fui à sala de amostras da fábrica onde o Mestre Chao trabalhava, fiquei chocado com a quantidade de itens em suas prateleiras que eu havia comprado, usado ou visto em uma loja nos Estados Unidos. Marcas de consumo de primeira linha fabricam seus produtos nesta fábrica, e, pelo que sei, a fábrica tinha apenas um mestre modelista na época: o Mestre Chao. Ele teve participação na criação de bolsas de cosméticos para a Braun, estojo de acessórios para a Microsoft e talas médicas para grandes marcas vendidas em farmácias, entre muitos outros produtos.



Legenda: Mestre Chao é a pessoa em primeiro plano; ao fundo está Joe Perrott, Excelente engenheiro do projeto de Chumby da PCH China Solutions.

Master Chao is the person in the foreground; in the background is Joe Perrott, Chumby's excellent project engineer from PCH China Solutions.

O Mestre Chao é um artesão no sentido tradicional. Costumava ser que os móveis mais finos eram projetados e construídos apenas com a intuição e habilidade de um mestre artesão. Agora, todos nós vamos à IKEA e compramos móveis projetados em CAD, gerenciados pela cadeia de suprimentos e montados com instruções em livros ilustrados — e, apesar disso, não fica tão ruim. Como resultado, a palavra artesanato foi relegada para descrever algum kit de scrapbook ou ponto cruz que você compra na Michaels e monta em um fim de semana tranquilo. Esquecemos que, em uma era antes das máquinas, o artesanato era a única maneira de construir algo de qualidade.

No entanto, acontece que o artesanato tradicional ainda importa, porque as ferramentas de CAD não trouxeram a capacidade de simular nossos erros antes de cometê-los.

A criação de um molde plano para produtos têxteis é um bom exemplo de um processo que requer habilidade artesanal. Um molde plano consiste em formas bidimensionais usadas para guiar o corte dos tecidos. Essas formas são cortadas, dobradas e costuradas para criar uma forma tridimensional complexa. Mapear a projeção de uma forma tridimensional arbitrária em uma superfície bidimensional, minimizando o desperdício entre as peças, já é um desafio considerável. O fato de que o material se estica e distorce, às vezes em direções diferentes, e que a costura exige tolerâncias adequadas para obter bons resultados torna a criação de padrões um problema difícil de automatizar.

Os casos de chumby adicionaram outro nível de complexidade. Eles envolviam costurar um pedaço de couro em uma estrutura plástica macia. Nessa situação, à medida que você costura o couro, a estrutura se distorce ligeiramente e estica o couro, criando um viés de costura dependente da direção e da velocidade da costura. Essa força é capturada nas costuras e contribui para a forma final do estojo. Desafio alguém a criar uma ferramenta de simulação computacional que possa capturar com precisão essas forças e prever como um produto desse tipo ficará quando costurado junto.

No entanto, de alguma forma, a proficiência do Mestre Chao na arte da criação de padrões permitiu que ele, de maneira muito rápida e com poucas iterações, criasse e ajustasse um padrão que compensava todas essas forças. Seus resultados, todos obtidos com papelão, tesouras e lápis, eram surpreendentemente inteligentes e perspicazes. Seja grato por suas habilidades à moda antiga; elas provavelmente desempenharam um papel na produção de algo que você usou ou se beneficiou.



Legenda: Não havia um único computador no escritório do Mestre Chao, mas eu vi aqui uma grande variedade de dispositivos de alta tecnologia.

There wasn't a single computer in Master Chao's office, yet the products I saw here wrapped around a wide array of high-tech devices.

Automação para montagem eletrônica

Antes de trabalhar na Chumby, eu acreditava que quase tudo era feito por máquinas. Claro, as visitas às fábricas têxteis corrigiram rapidamente minha impressão; no entanto, coisas de alta tecnologia, como a montagem de eletrônicos, ainda tendem a ser altamente automatizadas, mesmo na China. As únicas exceções que observei durante as visitas às fábricas eram, ironicamente, os produtos de menor custo, como brinquedos. Essas lojas

ainda eram dominadas por linhas de trabalhadores, que preenchiam e soldavam placas de circuito manualmente.

Uma dicotomia interessante relacionada à automação é a distribuição bimodal de produtos que utilizam a tecnologia chip-on-board (CoB). A montagem CoB liga diretamente um chip de silício a uma placa de circuito impresso (PCB). As montagens CoB acabadas têm uma aparência característica de “gota de epóxi”, em contraste com o visual das embalagens plásticas. Montagens eletrônicas densas e de alta qualidade frequentemente empregam tecnologias CoB. Já projetei alguns designs CoB para transceptores ópticos de 10 Gb em minha carreira, e eles não eram baratos.

Ao mesmo tempo, no entanto, quase todos os brinquedos utilizam a tecnologia chip-on-board (CoB) para eliminar o custo da embalagem do CI! Isso é um testemunho da tenacidade das fábricas de brinquedos em relação à redução de custos, pois elas comprariam uma máquina de ligação de fios automatizada e a colocariam ao lado das linhas que moldam cabeças de bonecas e costuram animais de pelúcia, porque ter uma máquina de ligação de fios interna economiza alguns centavos.

Um ligador de fios típico conecta um fio tão fino quanto um cabelo humano a um local em um chip de silício não muito maior que o diâmetro do fio, e faz isso várias vezes por segundo. Os ligadores de fios são equipamentos muito rápidos e precisos. A ligação acontece tão rapidamente que a placa parece girar suavemente, mas na verdade, ela para 16 vezes enquanto gira, e em cada parada, um fio é conectado entre o chip e a placa. Imediatamente antes da ligação, no entanto, o chip é colado com muito cuidado à placa manualmente, e imediatamente após a ligação, o chip é encapsulado por um operador humano que aplica epóxi com muito cuidado manualmente. Isso significa que o ligador de fios é o único equipamento automatizado nas linhas de montagem para brinquedos simples. Ver esse processo me deu uma nova apreciação pelo que está envolvido na criação daqueles bonecos falantes do Barney que são vendidos por \$10 na Target.

O processo de fabricação do chumby também utilizava um pouco de automação, graças a um chip shooter. Os chip shooters (assim como as máquinas de colocação) posicionam componentes de montagem em superfície nas PCBs (placas de circuito impresso) para que os componentes possam ser soldados. Esses equipamentos são rápidos e precisos, permitindo a montagem eficiente de componentes eletrônicos.



Legenda: A fábrica de montagem Chumby de PCB na China tinha dezenas de linhas repletas de atiradores de chips Fuji testados e comprovados.

The chumby PCB assembly factory in China had dozens of lines filled with tried-and-true Fuji chip shooters.

É absolutamente fascinante ver um chip shooter em ação. Os chip shooters na fábrica de montagem de PCBs da Chumby eram capazes de posicionar 10.000 a 20.000 componentes por hora, por máquina. Isso significa que cada máquina poderia colocar de 3 a 6 componentes por segundo. As montagens robóticas se movem mais rápido do que o olho pode perceber, e tudo se transforma em um borrão impressionante. O chip shooter que vi na fábrica da Chumby funcionava de forma semelhante a uma metralhadora Gatling: o próprio dispositivo de disparo estava fixo, e a placa dançava sob o dispositivo. O chip shooter realmente “observava” cada componente e o girava para a orientação correta antes de colocá-lo na placa.