



Đây là bản ghi lại nội dung của giáo sư Anant Agarwal trên Internet. Để xem toàn bộ bài giảng này bạn có thể truy cập <http://www.mientayvn.com> > Học li u m > Học vi n công ngh Massachusetts > K thu t i n và khoa h c máy tính > m ch và i n t > ch ng I.

MIT OpenCourseWare

<http://ocw.mit.edu>

6.002 Circuits and Electronics, Spring 2007

Please use the following citation form at:

Anant Agarwal, *6.002 Circuits and Electronics, Spring 2007*
(Massachusetts Institute of Technology: MIT
OpenCourseWare). <http://ocw.mit.edu> (accessed MM DD,
YYYY). License: Creative Commons Attribution -
Noncommercial-Share Alike.

Note: Please use the actual date you accessed this material in your citation.

For more information about citing these materials or our Terms of Use, visit: <http://ocw.mit.edu/terms>

MIT OpenCourseWare
<http://ocw.mit.edu>

6.002 Circuits and Electronics, Spring 2007
Transcript – Lecture 1

So, one question to ask ourselves is, what is engineering? How do we define, what is engineering? Well, the definition I like to use is one put forth by Steve Senturia, one of our professors who is now retired.

Chúng ta thường tự hỏi, kĩ thuật là gì? Chúng ta định nghĩa như thế nào, kĩ thuật là gì? Vâng, định nghĩa mà tôi thích dùng là định nghĩa được nêu ra bởi Steve Senturia, một trong số các giáo sư của chúng ta hiện nay đã về hưu.

He defined engineering to be the purposeful use of science. All right, so what is 6.002 about? So, 6.002 is a first course in engineering. And I like to view 6.002 as the gainful employment of Maxwell's equations. Ông ấy định nghĩa kĩ thuật là việc sử dụng khoa học có mục đích. Được rồi, vậy còn 6.002 thì sao? 6.002 là khóa học đầu tiên về kĩ thuật. Và tôi muốn xem 6.002 như là môn học tận dụng lợi ích của các phương trình Maxwell.

Many of you have seen Maxwell's equations before. Most of you should have. And they are hard stuff. 6.002 is all about teaching you how to simplify our lives, make things simple. So, if you can gainfully employ Maxwell's equations, gainfully employ the facts of nature to build very interesting systems.

Nhiều bạn đã gặp các phương trình Maxwell từ trước. Đa số các bạn đã học. Và chúng là những thứ khó. 6.002 cũng sẽ dạy bạn cách để đơn giản hóa cuộc sống của chúng ta, làm cho mọi thứ đơn giản. Vì vậy, bạn có thể tận dụng lợi ích của các phương trình Maxwell, tận dụng các hiện thực tự nhiên để xây dựng nên những hệ rất lí thú.

So let me show you how the transition is made. So, there's a world around us, nature, so we made some observations in nature. We make measurements, and we can write down large tables of measurements. Vì vậy hãy để tôi chỉ cho bạn việc chuyển đổi này được thực hiện như thế nào. Vâng, có một thế giới xung quanh chúng ta, tự nhiên, vì vậy chúng ta thực hiện một vài quan sát trong tự nhiên. Chúng ta đo, và chúng ta có thể viết ra những bảng số liệu lớn.

So, for example, we can take objects and measure the voltage across them, and look at the resulting current through the elements. So, we may end up getting a bunch of values such as [CHALKBOARD]. So, we start out life with making measurements on what exists.

Vì vậy, chẳng hạn, chúng ta có thể lấy những vật thể và đo điện áp qua chúng, và nhìn dòng điện đi qua các thành phần. Vì vậy, cuối

cùng chúng ta có thể nhận được một loạt các giá trị chẳng hạn như. Vì vậy chúng ta khởi đầu cuộc sống bằng việc đo những gì đang tồn tại.

And we build a bunch of tables. Now, we could directly take these tables, and based on observations of these tables, we could go ahead and build very interesting engineering systems that help us out in day-to-day lives.

Và chúng ta tạo ra một chuỗi các bảng số liệu. Bây giờ, chúng ta có thể trực tiếp lấy những bảng này, và dựa trên việc quan sát những bảng này, chúng ta có thể tiến lên và xây dựng những hệ thống kỹ thuật rất lí thú giúp chúng ta trong cuộc sống thường ngày.

But that's incredibly hard. Imagine having to resort to a set of tables to do any kind of useful work. So what we do as engineers, we first layer a level of abstraction. We look at all the data, and somehow layer abstraction such that we can simplify or much more succinctly put in a simple equation or a simple statement what these numbers are telling us.

Nhưng điều đó cực kì khó. Không thể cứ mỗi lần làm công việc nào chúng ta cũng sử dụng đến một tập hợp các bảng như thế này. Vì vậy, giống như những kĩ sư, những gì chúng ta làm là đầu tiên chúng ta chia thành từng lớp mức độ của sự trừu tượng hóa. Chúng ta nhìn tất cả các dữ liệu, và bằng cách nào đó phân lớp trừu tượng hóa sao cho chúng ta có thể đơn giản hóa hoặc viết nó dưới dạng một phương trình đơn giản hoặc một phát biểu đơn giản diễn đạt thay cho những con số này.

OK, so for example, our physics laws, so laws of physics for example are simply abstractions, the laws of abstractions. So, these sets of

numbers can be codified by Ohm's law, for example, V is equal to RI , the voltage current, relates to the resistance of the object.

Vâng, vì vậy chẳng hạn, các định luật vật lí của chúng ta, những định luật vật lí là những sự trừu tượng hóa đơn giản, những định luật trừu tượng. Vì vậy tập hợp các số này có thể được hệ thống hóa thành định luật Ohm, chẳng hạn V bằng RI , điện áp, dòng điện có liên hệ với điện trở của vật.

So, V is equal to RI is a law that succinctly describes a set of experiments, and replaces a large number of tables with a very simple statement. You could call this the law, or you could call it an abstraction.

Vì vậy, V bằng RI là một định luật mô tả một cách súc tích tập hợp các thí nghiệm, và thay thế một số lượng lớn các bảng số liệu với các phát biểu rất đơn giản. Bạn có thể gọi đây là định luật, hoặc bạn có thể gọi nó là sự trừu tượng hóa.

OK so you see laws of physics, call them abstractions of physics if you like. Similarly, there are Maxwell's equations and so on and so forth. So, this is what is. This is what's out there. OK, and a law as an abstraction describe the properties of nature, as we see it, in some succinct form.

Vâng vì vậy bạn thấy các định luật vật lí, gọi chúng là sự trừu tượng hóa vật lí nếu bạn thích. Tương tự, đó là các phương trình Maxwell và v.v. Vì vậy, đây là những gì đã nói. Đây là những gì ngoài đó. OK, và các định luật như một sự trừu tượng hóa mô tả tính chất của tự nhiên, như chúng ta thấy nó, dưới một số dạng súc tích.

Now, if you want to go and build useful things, we could take these abstractions, take Maxwell's equations, and go and build things. But it's hard. It's really, really hard. And what you learn in, at MIT is this place is all about simplifying things.

Bây giờ nếu bạn muốn tiến hành xây dựng những thứ hữu dụng, chúng ta có thể lấy những sự trừu tượng hóa này, lấy các phương trình Maxwell này, và tiến hành xây dựng các thứ. Nhưng nó rất khó. Nó thật sự, thực sự khó. Và những gì bạn học ở đây, tại MIT này là tất cả các cách để đơn giản hóa mọi thứ.

Take complicated things, build layers of abstraction, and simplify things so that we can build useful systems. Even in 6.002 we start life by making a huge leap from Maxwell's equations to a couple of very, very simple laws.

Chọn những thứ phức tạp, tạo ra các lớp trừu tượng hóa, và đơn giản hóa các thứ để cho chúng ta có thể xây dựng những hệ thống hữu dụng. Thậm chí trong 6.002 chúng ta bắt đầu cuộc sống bằng cách tạo ra một bước nhảy lớn từ các phương trình Maxwell đến một vài định luật rất, rất đơn giản.

OK, I'm going to show you that leap that we will make today. So, the first abstraction that we layer is called the lump circuit abstraction. OK, in the lump circuit abstraction, what we do is we make a set of simplifications that allows us to view a set of objects as discrete or lumped elements.

Vâng, tôi sẽ chỉ cho bạn bước nhảy mà chúng ta sẽ tạo ra hôm nay. Vì vậy, sự trừu tượng hóa đầu tiên mà chúng ta phân lớp được gọi là sự trừu tượng hóa mạch tập trung. Vâng, trong sự trừu tượng hóa mạch tập trung, những gì chúng ta làm là chúng ta tạo ra một tập hợp những sự đơn giản hóa cho phép chúng ta nhìn tập hợp các vật thể như các phần tử rời rạc hoặc tập trung.

So, we may, I will define voltage sources. We'll define resistors. We'll define capacitors, and so on. OK, and I'm going to make the jump, and show you how we make the jump in a few minutes. So, on that sort of abstraction, we then layer yet another abstract layer.

Vì vậy, chúng ta có thể, tôi sẽ định nghĩa nguồn áp. Chúng ta sẽ định nghĩa điện trở. Chúng ta sẽ định nghĩa tụ điện, và vân vân. Vâng, và tôi sẽ thực hiện nhảy, và chỉ cho bạn cách chúng ta thực hiện việc nhảy trong chốc nữa. Vì vậy, trên những loại trừu tượng đó, sau đó chúng ta tiếp tục phân lớp thành những lớp trừu tượng khác.

And let me call that the amplifier abstraction. OK, remember, here we are absolutely down and dirty. We are setting the probes, measuring objects, and building huge tables. We abstracted things into simple laws, and life got a little better.

Và hãy để tôi gọi cái đó là sự trừu tượng hóa bộ khuếch đại. Vâng, hãy nhớ, ở đây chúng ta hoàn toàn kiệt sức và bần thiêu. Chúng ta đang thiết lập các đầu dò, đo các vật, và xây dựng những bảng lớn. Chúng ta đã trừu tượng hóa các thứ thành các định luật đơn giản, và cuộc sống trở nên tốt hơn một chút.

OK, I'm going to show you can abstract things further out and build discrete objects, and, you could build even more interesting components called amplifiers and begin playing around with amplifiers.

Vâng, tôi sẽ chỉ cho bạn cách trừu tượng hóa các thứ thêm nữa và tạo ra những vật rời rạc, và, thậm chí bạn có thể tạo ra những thành phần lí thú được gọi là các bộ khuếch đại và bắt đầu làm thí nghiệm với bộ khuếch đại.

OK, so when you are using amplifiers, you don't really have to worry about the details of Maxwell's equations. OK, I'll give you some very simple abstract rules of behavior for an amplifier, and you can go build very interesting systems without really, really knowing how Maxwell's equations applies to that because you will be working at this abstract layer.

Vâng, vì vậy khi bạn đang dùng bộ khuếch đại, thực sự là bạn không phải lo lắng về các phương trình Maxwell. Vâng, tôi sẽ chỉ cho bạn một số quy luật trừu tượng rất đơn giản về hành vi của một bộ khuếch đại, và bạn có thể xây dựng một hệ thống rất lí thú mà thực sự không cần biết các phương trình Maxwell áp dụng cho nó như thế nào vì bạn đang làm việc ở mức trừu tượng này.

However, since you're engineers, and you are good at building such systems, it's very important for you to understand how we make this leap from the laws of physics into some of our very primitive engineering abstractions.

Tuy nhiên, bởi vì bạn là kĩ sư, và bạn giỏi về việc xây dựng những hệ như thế, đối với bạn hiểu cách thức chúng ta thực hiện bước nhảy từ các định luật vật lí vào trong một số sự trừu tượng hóa kĩ thuật rất cơ bản này là điều quan trọng.

So, once we make the amplified abstraction in 6.002, by the way, 6.002 starts here. We start from the laws of physics and then proceed all the way out. So, once we talk about amplifiers we will take two pads.

Vì vậy, một khi chúng tôi làm sự trừu tượng hóa khuếch đại trong 6.002, tiện thể, 6.002 bắt đầu tại đây. Chúng ta bắt đầu từ các định luật vật lí và sau đó xử lí bên ngoài. Vì vậy, một khi chúng ta nói về bộ khuếch đại chúng ta sẽ chọn hai khối.

On the amplifier, you will build the next abstraction called the digital abstraction. OK, and with the digital abstraction, we will build new elements such as inverters and combinational gates, OK? So, notice we are building bigger, and bigger things, which have more and more complicated behavior inside them, but which are very simple to describe, right? So, following the digital abstraction, we will superimpose the combinational logic abstraction on top of that, and define functional blocks that look like this: some inputs, some function, some outputs.

Trên bộ khuếch đại, bạn sẽ xây dựng một sự trừu tượng tiếp theo được gọi là sự trừu tượng số. Vâng, và với sự trừu tượng số, chúng ta sẽ xây dựng những thành phần mới chẳng hạn như các bộ đảo và các cổng kết hợp, đúng không? Vì vậy, chú ý chúng ta sẽ xây dựng những thứ lớn hơn, và lớn hơn, những cái có hành vi phức tạp hơn bên trong chúng, nhưng rất đơn giản để mô tả đúng không? Rồi, tiếp theo sự trừu tượng số, chúng ta sẽ thêm vào sự trừu tượng hóa logic kết hợp trên đỉnh của nó, và định nghĩa các khối chức năng giống như thế này: một số đầu vào, một số hàm, một số đầu ra.

The next abstraction on top of that will be the clock digital abstraction, where we will have some notion of time introduced into the system. There will be a clock, and this will be some function. And there will be a clock that introduces time into the sort of logic values that functions operate upon.

Sự trừu tượng hóa trên đỉnh của nó sẽ là sự trừu tượng hóa số định thời, ở đó chúng ta sẽ có một số khái niệm thời gian được đưa vào trong hệ thống. Sẽ có một số đồng hồ, và đây sẽ là một số hàm. Và sẽ có một đồng hồ đưa thời gian thành các loại giá trị logic để các hàm hoạt động trên đó.

Following that, the next level of a abstraction that we build is called instruction set abstraction. OK, now you begin to see things that consumers get to look at. Can someone give me an example of, or name an instruction set, or instruction set abstraction? Bingo.

Tiếp theo đó, mức kế tiếp của sự trừu tượng mà chúng ta xây dựng được gọi là sự trừu tượng hóa tập lệnh. Vâng, bây giờ bạn bắt đầu thấy các thứ mà khách hàng bắt đầu thấy. Bạn nào có thể cho tôi ví dụ, hoặc nêu tên của một tập lệnh, hoặc sự trừu tượng hóa tập lệnh? Bingo.

So, x86 is one set of abstractions. And in fact, in many universities, education could well start just by saying, OK, here's an abstraction. These are the x86 instructions, OK? Some MIT gurus have designed this awesome little microprocessor, OK? So you just worry about, you take this abstraction layer here, the assembly instructions, and you go and build systems on top of that.

Vì vậy, x86 là một tập hợp những sự trừu tượng hóa. Và quả thực, trong nhiều trường đại học, giáo dục có thể sẽ bắt đầu tốt chỉ bằng cách nói, vâng, đây là sự trừu tượng hóa. Những cái này là các lệnh x86, đúng không? Một vài guru ở MIT đã thiết kế ra bộ vi xử lý nhỏ đáng kinh sợ này, đúng không? Vậy bạn vừa lo lắng về điều đó, bạn chọn lớp trừu tượng hóa này ở đây, các lệnh hợp ngữ, và bạn tiến hành xây dựng các hệ trên đỉnh của nó.

OK, so this is an abstraction layer called the x86 layer. There are other abstraction layers. In 6.004, you will learn about, I believe, the alpha or the beta, OK, and various other abstractions at this point.

Vâng, vì vậy đây là một lớp trừu tượng được gọi là lớp x86. Có những lớp trừu tượng khác. Trong 6.004, bạn sẽ học về, tôi tin là, alpha hoặc beta, vâng, và những sự trừu tượng rất đa dạng khác tại điểm này.

So, 6.002 kind of goes until here. 6.002 takes me from the world of physics all the way to the world of interesting analog and digital systems. OK, 004, the course on computation structures, will show you how to build computers all the way from simple digital objects all the way to big systems.

Vì vậy 6.002 hồ như đi cho đến đây. 6.002 mang tôi từ thế giới của vật lí sang thế giới của những hệ tương tự và số lí thú. Vâng, 004, khóa học về cấu trúc tính toán, sẽ chỉ cho bạn cách để xây dựng những máy tính hoàn chỉnh từ các đối tượng số đơn giản cho đến các hệ thống lớn.

Following that, you learn about language abstractions, Java, C, and other languages, and that's in 6.002. And there are several other courses that will cover that. Following this, you learn about software system abstractions, and software systems, you will learn about operating systems.

Tiếp theo cái đó, bạn sẽ học về sự trừu tượng hóa ngôn ngữ, Java, C, và các ngôn ngữ khác, và đó là trong 6.002. Và có vài khóa học khác sẽ đề cập điều đó. Tiếp theo cái này, bạn sẽ học về cách trừu tượng hóa hệ thống phần mềm, và hệ thống phần mềm, bạn sẽ học về các hệ điều hành.

Any example of an operating system abstraction that people know out there? What's that? Linux. What else? I'm just wondering how long I'll have to go before I hear what I want to hear. [LAUGHTER] OK, so we have a bunch of software systems.

Và ví dụ về một sự trừu tượng hóa hệ điều hành mà người ta vẫn biết đến? Nó là gì? Linux. Còn gì nữa? Tôi không biết tôi sẽ phải đi bao lâu trước khi tôi nghe những gì tôi muốn nghe. **Vâng, vì vậy chúng ta có một nhóm các hệ thống phần mềm.**

So, if we have a bunch of software systems, these are nothing but abstractions. Linux simply implies a set of system calls that the programs must adhere to. Windows is another set of system calls.

Vì vậy, nếu chúng ta có một bó các hệ thống phần mềm, những cái này không là gì cả mà chỉ là sự trừu tượng. Linux đơn giản là ám chỉ một tập hợp các lời gọi hệ thống mà chương trình phải gắn bó.

Windows là một tập hợp các lời gọi hệ thống.

That's it. And see how much money they made out of it? OK, it's all about abstraction layers, that all start from nature. All right? Build

abstraction upon abstraction upon abstraction upon abstraction, and someone out here are lots of dollars.

Đó là nó. Và hiểu được bao nhiêu tiền họ kiếm được từ nó? Vâng, đó là tất cả về các lớp trừu tượng, tất cả cái đó bắt đầu từ tự nhiên. Đúng không? Xây dựng một sự trừu tượng trên một sự trừu tượng trên một sự trừu tượng trên một sự trừu tượng, và vài người rất giàu ở ngoài đây.

OK, so based on these abstractions, we can then build useful things for human beings. We can build very useful things, video games, so we can send space shuttles up, and a whole bunch of other systems.

Vâng, vì vậy dựa trên những sự trừu tượng hóa này, sau đó chúng ta có thể xây dựng những thứ hữu dụng cho con người. Chúng ta có thể xây dựng những thứ rất hữu dụng, video game, vì vậy chúng ta có thể gửi tàu con thoi lên, và toàn bộ nhóm các hệ thống khác.

But it's based on these abstraction layers. What's unique about education at MIT? What's unique about 6.002 and EECS? Is to my knowledge, there are not many other places in the world where you will get an education in everything going all the way from nature to how to build very complicated analog and digital systems.

Nhưng nó dựa trên những lớp trừu tượng hóa này. Điều gì là độc nhất trong cách giáo dục của MIT? Điều gì là độc nhất về 6.002 và khoa EECS? Theo tôi được biết, ở các nơi khác trên thế giới bạn khó mà nhận được sự giáo dục theo kiểu mọi thứ đi suốt con đường từ tự nhiên đến cách để xây dựng những hệ thống số và tương tự rất phức tạp.

OK, we will show you layer upon layer upon layer upon layer, peel away the onion until you are down to raw nature, OK, through

Maxwell's equations. So, 6.002, 004, this is 033, OK, 6.170, and so on.

Vâng, chúng tôi sẽ chỉ cho bạn lớp trên lớp trên lớp trên lớp, làm tróc vỏ củ hành cho đến khi nào bạn đi xuống tới thiên nhiên thô sơ, vâng, qua các phương trình Maxwell. Vì vậy, 6.002, 004, đây là 033, vâng, 6.170, và v.v..

OK, the whole EECS is about building abstraction layers, one on top of the other. So that's one path. There's the analog path. The analog path would take an amplifier, and build an abstraction layer called the op-amp.

Vâng, toàn bộ EECS nói về việc xây dựng các lớp trừu tượng, một cái phía trên cái kia. Vì vậy đó là một đường. Đó là đường tương tự. Đường tương tự sẽ lấy bộ khuếch đại, và xây dựng một lớp trừu tượng được gọi là bộ khuếch đại thuật toán.

See how similar they all look? You know the amplifier, the inverter of the digital world, and the operational amplifier in the analog world, just different ways of looking at the same devices. So, to build an analog system, to build an operational amplifier, and then, here we go end up building a whole bunch of different interesting analog system components.

Biết tất cả chúng trong giống nhau như thế nào không? Bạn biết bộ khuếch đại, bộ đảo của thế giới số, và bộ khuếch đại thuật toán trong thế giới tương tự, chỉ là những cách khác nhau để nhìn cùng một thiết bị. Vì vậy, để xây dựng một hệ thống tương tự, để xây dựng một bộ khuếch đại thuật toán, và sau đó, chúng ta kết thúc với việc xây dựng toàn bộ một nhóm các thành phần hệ thống tương tự lí thú khác.

OK, and these components might look like oscillators. They might look like filters. OK, they look like power supplies, a whole bunch of very interesting abstract components, which pulled together can then give you the next set of systems.

Vâng, và những thành phần này có thể là bộ dao động. Chúng có thể là các bộ lọc. Vâng, chúng có thể là nguồn, toàn bộ một nhóm những thành phần trừu tượng rất lí thú, chúng hòa hợp với nhau để sau đó cho bạn tập hợp các hệ thống tiếp theo.

And these systems might be toasters, or say for example other analog systems like the various control systems for various power plants and so on and so forth, and ultimately, fun and dollars. OK, so 6.002 is about going from physics all the way to this point.

Và những hệ thống này có thể là lò nướng bánh mì, hoặc những hệ thống tương tự khác chẳng hạn như những hệ thống điều khiển khác nhau cho các nhà máy điện khác nhau v.v..và v.v., và cuối cùng, niềm vui và những tờ đô la. Vâng, vì vậy 6.002 nói về việc đi từ vật lí đến tận điểm này.

We will build interesting analog systems, and take you up to interesting digital system components, from which 004 will take you all the way to building computer architectures. So that, in a nutshell, kind of gives you a feel for the space of EECS.

Chúng ta sẽ xây dựng những hệ thống tương tự lí thú, và mang bạn đi đến những thành phần hệ thống số lí thú, từ đó 004 sẽ đưa bạn đến việc xây dựng kiến trúc máy tính. Sao cho, trong một bản tóm tắt ngắn gọn, hầu như cho bạn cảm giác về không gian của EECS.

OK, this chart here is almost a vignette of what EECS at MIT is all about. And this is the world according to Agarwal, because he's teaching 002. OK, so this is 6.002, and the rest of EECS is somewhere out there.

Vâng, ở đây đồ thị này gần như là một bảng mô tả ngắn về tất cả những gì mà EECS tại MIT sẽ nghiên cứu. Và đây là thế giới theo Agarwal, vì ông ấy đang dạy 002. Vâng, vậy đây là 6.002, và phần còn lại của EECS là đâu đó ngoài kia.

OK, so I'm going to do now is throughout this course; I want you to think about which part in this vignette we are in. So, right now, I'm going to start here and take you here. OK, and as you get closer and closer, things get simpler, and simpler, and simpler.

Vâng, vì vậy bây giờ tôi sẽ điểm sơ lược về khóa học này; Tôi muốn bạn suy nghĩ về việc bạn ở phần nào trong bảng mô tả ngắn này. Vì vậy, ngay bây giờ, tôi sẽ bắt đầu ở đây và mang bạn đến đây. Vâng, và khi bạn càng đến gần hơn, mọi thứ ngày càng trở nên đơn giản hơn.

Still, the final abstractions are pedal, brake, steering wheel. I mean, that's the abstraction to play a game, right, four or five very simple interfaces, and that's all you need to know. And everybody in the world can play stuff.

Vẫn còn sự trừu tượng hóa cuối cùng là bàn đạp, cái phanh, bánh lái. Ý tôi là đó là sự trừu tượng hóa để chơi trò chơi, đúng không, 4 hoặc 5 giao diện đơn giản, và đó là tất cả những gì bạn cần biết. Và mọi người trên thế giới có thể chơi thứ đó.

So remember, this stuff is complicated. This stuff is very, very simple. OK, and the more we build abstractions and come to this side, things get simpler and simpler. So, a large part of what I'll cover today is make the biggest simplification.

Vì vậy hãy nhớ rằng, thứ này phức tạp. Cái này rất, rất đơn giản. Vâng, và hơn nữa chúng ta xây dựng những lớp trừu tượng và đến phía này, mọi thứ ngày càng đơn giản hơn. Vì vậy, phần lớn những gì tôi sẽ đề cập hôm nay là tạo ra sự đơn giản hóa lớn nhất.

The biggest simplification we will make is to go from Maxwell's equation to some very, very simple algebraic rules. OK, I did Maxwell's equations myself. And I tell you, they were very interesting stuff but complicated.

Sự đơn giản hóa lớn nhất mà chúng ta sẽ làm là đưa nó đi từ phương trình Maxwell đến các quy luật đại số cực kỳ đơn giản. Vâng, tôi đã tự làm các phương trình Maxwell. Và tôi bảo bạn, chúng là những thứ rất lí thú nhưng phức tạp.

I can't imagine building efficient systems using Maxwell's equations. So, let's take an example, OK? So, let's say I have a battery. Just switch to page three of your course notes. And let's say I connect that to a bulb.

Tôi không thể tưởng tượng ra việc xây dựng những hệ thống có hiệu quả dùng những phương trình Maxwell. Vì vậy, hãy lấy một ví dụ, được không? Vì vậy, giả sử tôi có một bình điện. Chỉ việc lật sang trang ba trong phần hướng dẫn khóa học của bạn. Và giả sử tôi nối nó với một bóng đèn.

OK, and this is a wire. And, the battery supplies some voltage, V , and I ask you a simple question. What is the current through the bulb? OK, so here is something that I can build using objects. I can pick a rod from stores and so on.

Vâng, và đây là một dây. Và bình điện cung cấp một điện áp nào đó, V , và tôi hỏi bạn một câu hỏi đơn giản. Dòng điện đi qua bóng đèn bằng bao nhiêu? Vâng, vì vậy đây là vài thứ mà tôi có thể xây dựng dùng những đối tượng này. Tôi chỉ cần đi một vòng quanh cửa hiệu và v.v..

And I can collect them up in this way, and ask the question, what is the current, I ? Now, if all you've done is learn about Maxwell's equations, you can roll up your sleeves and say, ah-ha! The first step is to write down all of Maxwell's equations, and you can say, $\nabla \cdot \mathbf{E}$ is minus ρ and go on, and on, and on, OK, and write out all of Maxwell's equations and say, now how do I get from there to here? OK, it's very good.

Và tôi có thể tập hợp chúng lại theo cách này, và hỏi một câu hỏi, dòng điện I bằng bao nhiêu? Bây giờ nếu tất cả các bạn đã học các phương trình Maxwell rồi, bạn có thể xăng tay áo lên và nói, ah-ha!

Bước đầu tiên là viết ra tất cả các phương trình Maxwell, và bạn có thể nói, rot E bằng trừ dB trên dt và v.v...Vâng, và viết ra tất cả các phương trình Maxwell và nói, bây giờ tôi đi từ đó đến đây như thế nào? Vâng, rất tốt.

You can do it. OK, you can do it, but it's very complicated. OK, so instead, what you're going to do is take the easy way. So, what I want to remind you is that this course is actually very easy.

Bạn có thể làm nó. Vâng, bạn có thể làm nó, nhưng nó rất phức tạp. Vâng, vì vậy thay vào đó, những gì bạn sẽ làm là chọn cách dễ hơn. Vì vậy, những gì tôi muốn nhắc bạn là khóa học này thực sự rất dễ.

OK remember, we're going to be building abstraction upon abstraction to make your lives easier. If you think your lives are getting more complicated, then you are not using intuition enough. OK, just remember the big I word.

Vâng, hãy nhớ, chúng ta sẽ xây dựng những sự trừu tượng hóa trên những sự trừu tượng hóa để làm cuộc sống chúng ta dễ dàng hơn. Nếu bạn nghĩ cuộc sống của chúng ta trở nên phức tạp hơn, thì đấy là do bạn chưa phát huy được hết trực giác của mình. Vâng, hãy nhớ những từ tôi nói.

It's all about making things simple. OK, so let me give you an analogy. So, suppose you have an object. OK, and I apply a force to the object. It's an analogy, OK to get some insight into how to do this.

Tất cả là làm những thứ này đơn giản. Vâng, vì vậy hãy để tôi chỉ cho bạn một ví dụ tương tự. Giả sử bạn có một vật thể. Vâng, và tôi tác dụng lực lên vật thể. Nó là một ví dụ tương tự, chúng ta sẽ nhận được một hiểu biết sâu sắc và áp dụng nó để làm cái này.

So, I say here's an object. I apply a force, and I ask you the question. What is the acceleration of the object when I apply a force, F ? So, how would you do it? OK, and eighth, or ninth, or tenth grader can do this.

Vậy, tôi nói đây là một vật thể. Tôi tác dụng một lực, và tôi hỏi bạn một câu hỏi. Gia tốc của vật bằng bao nhiêu khi tôi tác dụng lực F ? Vì vậy, bạn sẽ làm điều đó như thế nào? Vâng, học sinh lớp 8, hoặc 9, hoặc 10 có thể làm điều này.

OK, they would ask me, what's the mass of the object? OK, I ask you what is the acceleration? You would turn around and ask me, what is the mass of the object? I tell you, the mass of the object is M .

Vâng, họ sẽ hỏi tôi, khối lượng của vật thể bằng bao nhiêu? Vâng, tôi hỏi bạn gia tốc bằng bao nhiêu? Bạn sẽ hỏi ngược lại tôi, khối lượng của vật thể bằng bao nhiêu? Tôi trả lời bạn, khối lượng của vật thể là M .

And then you say, oh sure, A is F divided by M , done. It's as simple as that. OK, I could have gone into all kinds of differential equations and so on to figure that out, but you asked me for the mass.

Và sau đó bạn nói, ô, chắc chắn a bằng F chia M , xong. Nó đơn giản như vậy đó. Vâng, tôi có thể sẽ xét tất cả các loại phương trình vi phân và v.v.. để suy ra điều đó, nhưng bạn hỏi tôi khối lượng.

And you gave me the answer, A is F divided by M . So, you ignored a bunch of things. You ignored the shape of the object. You ignored its color. You ignored its temperature. OK, and you ignored the soft or hard or whatever.

Và bạn cho tôi câu trả lời, a bằng F chia M . Vì vậy, bạn đã bỏ qua nhiều thứ. Bạn đã bỏ qua hình dạng của vật thể. Bạn đã bỏ qua màu sắc của nó. Bạn đã bỏ qua nhiệt độ của nó. Vâng, và bạn đã bỏ qua độ mềm cứng của nó hay bất cứ thứ gì khác nữa.

OK, you ignored a whole bunch of things. You were focused on one thing. OK, you're focused on its mass. And, it turns out that the process really was developed from a set of simplifications. That is called, does anybody remember this? Point mass simplification.

Vâng, bạn đã bỏ qua quá nhiều thứ. Bạn chỉ tập trung vào một thứ. Vâng, bạn chỉ tập trung vào khối lượng của nó. Và hóa ra là quá trình thực sự được phát triển từ một tập hợp các sự đơn giản hóa. Cái đó được gọi là, có ai nhớ nó được gọi là gì không? Sự đơn giản hóa chất điểm.

OK, so, in physics, you've done this before. OK, you've simplified your lives by viewing objects as having a mass at a point, and force is acting at that point. OK, M is that property of the object that is of interest to you.

Vâng, vì vậy, trong vật lý, bạn đã làm điều này từ trước. Vâng, bạn đã đơn giản hóa cuộc sống của bạn bằng cách xem các vật thể như

có khối lượng đặt tại một điểm, và lực đang tác dụng lên điểm đó. Vâng, M là tính chất đó của vật thể mà bạn quan tâm.

This process is called, in physics, point mass discretization. OK, now using an analogy, and I'm going to show you a similar simple process to do the problem with the light bulb. OK, so take my light bulb again, And I focus on the filament of the light bulb.

Trong vật lý, quy trình này được gọi là sự rời rạc hóa chất điểm. Vâng, vì vậy hãy xét lại cái bóng đèn của tôi, và tôi sẽ chỉ tập trung vào dây tóc bóng đèn.

OK, all I care about is the current flowing through the light bulb. OK, I don't care about whether the filament is twisted, whether it's hot. I don't care about its shape. I don't care about its color.

Vâng, tất cả những cái mà tôi quan tâm là dòng điện chạy qua bóng đèn. Vâng, tôi không quan tâm đến dây tóc có bị méo hay không, nó có nóng hay không. Tôi không quan tâm đến hình dạng của nó. Tôi không quan tâm đến màu sắc của nó.

All I care about is the current. OK, so to do that, what we can do here at a very high level is since we just need the current and don't care about a bunch of other properties, we will simply replace the bulb with a discrete object called a resistor.

Và những gì tôi quan tâm là dòng điện. Vâng, vì vậy để làm điều đó, những gì chúng ta có thể làm ở đây ở mức rất cao là bởi vì chúng ta chỉ cần dòng điện và không quan tâm đến một loạt các tính chất khác, chúng ta đơn giản sẽ thay bóng đèn với một vật rời rạc được gọi là điện trở.

So the discrete object is a resistor, much like the point mass simplification that we did earlier that replaced the bulb filament with a object called a resistor, a discrete object called a resistor.

Vì vậy vật rời rạc là điện trở, rất giống với sự đơn giản hóa chất điểm mà chúng ta đã làm từ trước thay thế dây tóc bóng đèn với một vật được gọi là điện trở, một vật rời rạc được gọi là điện trở.

Or a lump object called resistor, and put a value next to it just like the mass for the object, a resistance value, R . OK, now what I can do is in the same manner, replace the battery with an object called a battery object, and connect that here, the voltage, V , applied to it.

Hoặc một vật thể khối được gọi là điện trở, và đặt một giá trị kế bên nó giống như khối lượng đối với vật thể, giá trị điện trở, R . Vâng, bây giờ những gì tôi có thể làm là theo cùng một kiểu, thay bình điện bằng một vật được gọi là vật bình điện, và kết nối nó ở đây, điện áp, V , đặt lên nó.

V falls across the resistor, and I get my I simply from Ohm's law as we divide by R . So, notice here, to replace this complicated bulb, this really twisty, weird old thing with this discreet thing called a resistor, and its only property of interest was its resistance value, R , direct analogy to what we did there.

V đặt trên điện trở, và tôi nhận I của tôi đơn giản từ định luật Ohm khi chúng ta chia cho R . Vì vậy, chú ý ở đây, thay thế bóng phức tạp này, thứ cũ kĩ khó hiểu, thực sự quanh co này với những thứ rời rạc này được gọi là điện trở, và tính chất quan tâm duy nhất của nó là giá trị điện trở của nó, R , giống hệt với những gì chúng ta đã làm ở đó.

So, since R represents the only property of interest, we can simply ignore all the other things. So, notice here, we've done things the simple way. And remember, in EE, in the electrical engineering, we do things the simple way.

Vì vậy, bởi vì R biểu diễn chỉ tính chất quan tâm, chúng ta đơn giản có thể bỏ qua tất cả các thứ khác. Vì vậy, chú ý ở đây, chúng ta đã làm các thứ theo cách đơn giản. Và hãy nhớ rằng, trong EE, trong kĩ thuật điện, chúng ta làm các thứ theo cách đơn giản.

OK, we could go the hard route and do Maxwell's equations, and get PhD's in physics, and so on. But out here, we are looking to do useful, interesting systems in the simplest way that we can. OK, we do things a simple way.

Vâng, chúng ta có thể đi đường đi khó và làm các phương trình Maxwell, và nhận bằng tiến sĩ vật lí, và v.v..Nhưng ngoài đây, chúng ta quan tâm đến việc làm các hệ thống lí thú, hữu dụng theo cách đơn giản mà chúng ta có thể làm. Vâng, chúng ta làm các thứ theo cách đơn giản.

All right, so we just did this, and boom, I found out what the current was. Now, I cheated a little bit. I've cheated a little bit. R is a lumped abstraction for the bulb. So, you look at this resistor here.

Được rồi, vì vậy chúng ta chỉ làm điều này, và ngay lập tức, tôi tìm được dòng điện bằng bao nhiêu. Bây giờ, tôi lừa một chút. Tôi đã lừa một chút. R là sự trừu tượng hóa tập trung của bóng đèn. Vì vậy, bạn xét điện trở này ở đây.

That is simply a placeholder. It's a stand-in for this complicated thing

called a bulb. It's a discreet object. It's a lumped object, and represents the bulb. Now, so most of 6.002 will take off from here, OK, and that's it.

Đó là một vật thể chỗ đơn giản. Nó là một người đóng vai phụ cho thứ phức tạp này được gọi là bóng đèn. Nó là một vật rời rạc. Nó là một vật gộp lại, và biểu diễn bóng đèn. Bây giờ, vậy hầu như 6.002 sẽ bắt đầu từ đây, vâng, và đó là nó.

To very simple stuff, like V is equal to IR , it's a simple high school algebra to take off in that direction. But before we go there, it's important to understand, why was it that we were able to make the simplification? OK, we did something else.

Đối với thứ rất đơn giản, chẳng hạn như V bằng IR , đó là đại số trung học đơn giản để bắt đầu theo hướng đó. Nhưng trước khi chúng ta đến đó, rất quan trọng để hiểu, tại sao chúng ta có thể tạo ra sự đơn giản hóa? Vâng, chúng ta làm thêm thứ nữa.

Something's going on under the covers here. On the one hand, I say let's use Maxwell's, and then I jump out and say, hey, we can just use this simple thing. I did something that allowed me to go from here to here.

Mọi thứ sẽ tiếp tục được đề cập ở đây. Hay nói cách khác, tôi nói chúng ta hãy dùng phương trình Maxwell, và sau đó tôi nhảy ra ngoài và nói, hey, chúng ta có thể chỉ dùng thứ đơn giản này. Tôi đã làm vài thứ cho phép tôi đi từ đây đến đây.

And you need to understand why I did that and how I did that. Understand it once, and then you won't have to need that information

again. You just need to understand it. So, let's take a closer look at the bulb filament, and look at what we really did.

Và bạn cần hiểu tại sao tôi làm điều đó và cách thức tôi làm điều đó. Hiểu nó một lần, và sau đó bạn sẽ không phải cần lại các thông tin đó. Bạn chỉ cần hiểu nó. Vì vậy, chúng ta hãy nhìn gần hơn dây tóc bóng đèn, và xét những gì chúng ta thực sự làm.

So, here's my filament, A , and let's say that the surface area here, I label that SA , and the one down here SB , my voltage, V , applied there, and this is what I call my black box that I've replaced with a resistor.

Vì vậy, đây là dây tóc của tôi, A , và chúng ta hãy giả sử rằng diện tích bề mặt ở đây, tôi đặt nó là SA , và cái dưới đây là SB , điện áp của tôi, V , tác dụng lên đó, và đây là những gì mà tôi gọi là hộp đen của tôi mà tôi đã thay bằng một điện trở.

Notice that, in order for this to work, V and I need to be defined. So I needs to be defined, and V needs to be defined. OK, if I give you a random object, and I don't tell you anything else about the object, it's not clear I can do that.

Chú ý rằng, để cho cái này hoạt động, V và I cần phải xác định. Vì vậy I cần xác định, và V cần xác định. Vâng, nếu tôi cho bạn một vật ngẫu nhiên, và tôi không cho bạn biết bất cứ thứ gì nữa về vật, tôi không biết là tôi có làm được không nữa.

OK, if it's a much more general situation, I have to write down Maxwell's equations, and this is what I would write down. Write down $\int \mathbf{J} \cdot d\mathbf{S}$ as a function of the coordinate here integrated over the area minus, OK, I would have to start from there from one of Maxwell's equations.

Vâng, nếu nó là trường hợp tổng quát hơn nhiều, tôi phải viết ra các phương trình Maxwell, và đây là những gì mà tôi sẽ viết ra. Viết ra $\int \mathbf{J} \cdot d\mathbf{S}$ như một hàm của hệ tọa độ ở đây được lấy tích phân trên diện tích trừ, vâng, tôi sẽ bắt đầu từ đó, từ một trong những phương trình Maxwell.

All right, notice that this becomes IA , and this becomes IB in our simplification. But, if I don't tell you anything else, you have to start from here. You will have some varying current here by point.

Được rồi, chú ý rằng cái này trở thành IA , và cái này trở thành IB trong sự đơn giản hóa của chúng ta. Nhưng, nếu bạn không cho tôi biết thêm gì nữa, bạn phải bắt đầu từ đây. Bạn phải có dòng điện nào đó biến đổi ở đây theo từng điểm.

You might have some other current coming out here because I may have some charge buildup happening inside. If charge is building up inside the filament; then I would have to put $\frac{dq}{dt}$ out here, right, the current in minus the current out must equal charge buildup. Bạn có thể có một vài dòng khác lộ ra ở đây vì tôi có thể có một sự tích

tụ điện lượng nào đó xảy ra bên trong. Nếu các điện tích có sẵn bên trong dây tóc; thì tôi sẽ phải đặt q trên t ngoài đây, đúng không, dòng mang dấu trừ dòng hiện ra phải bằng sự tích tụ điện lượng.

Whoa, where is this and where is that? So this is reality. This is really, really what I have to do. But how did I get there? How did I get there? The key answer is, as engineers, when in doubt we simplify.

Whoa, cái này ở đâu và cái đó ở đâu? Vì vậy đây là một sự thực. Điều này thực sự, thực sự là những gì tôi phải làm. Nhưng cách để đạt được điều đó như thế nào? Cách thức để đạt được điều đó? Câu trả lời then chốt là, là một kĩ sư, khi nghi ngờ chúng ta đơn giản hóa.

Remember, we are engineers. Our goal in life is to build interesting systems. OK and some are motivated by money. OK, so our goal is to build interesting systems and do good to humanity. So, as long as we can build a good light bulb, we are happy.

Hãy nhớ rằng, chúng ta là những kĩ sư. Mục tiêu của chúng ta là xây dựng những hệ thống lí thú. Vâng và một số được thúc đẩy bởi tiền. Vâng, vì vậy mục tiêu của chúng ta là xây dựng những hệ thống lí thú và làm điều tốt cho nhân loại. Vì vậy với điều kiện là chúng ta có thể tạo ra bóng đèn sáng tốt, chúng ta hạnh phúc.

So what we can do is we can say, look, all I care about is building interesting systems. So I can say, hey, this stuff is too hard. Let's make the assumption that all the systems that we will consider will have this thing be zero.

Vì vậy những gì chúng ta có thể làm là chúng ta có thể nói, nhìn này, tất cả những gì tôi quan tâm là xây dựng những hệ thống lí thú. Vì vậy tôi có thể nói, hey, thứ này quá khó. Chúng ta hãy giả sử rằng tất cả hệ thống **mà chúng ta sẽ xét sẽ có thứ này bằng 0.**

OK, in other words, if I take a complete object, if I take an element like a resistor or a capacitor, the box around the entire element, OK, and I want to just deal with those systems in which this thing is zero.

Vâng, hay nói cách khác, nếu tôi lấy một vật thể hoàn chỉnh, nếu tôi lấy một yếu tố chẳng hạn như điện trở hoặc tụ điện, đóng khung xung quanh toàn bộ yếu tố, vâng, và tôi muốn chỉ giải quyết những hệ này trong đó cái này bằng không.

You can come and beat me up and say, but why? Why not? Why am I doing this? And I am saying the world is arbitrary. I'm an engineer; I want to build good systems. By making this simplification, I eliminate this squiggle thing, and so on.

Bạn có thể đến và đánh tôi như tử và nói, nhưng tại sao? Tại sao không? Tại sao tôi làm điều này? Và tôi sẽ nói thế giới là tùy hứng. Tôi là một kĩ sư; tôi muốn xây dựng những hệ thống tốt. bằng cách thực hiện sự đơn giản hóa này, tôi đã bỏ qua thứ nguệch ngoạc này, và v.v...

I don't want to deal with it. I want to make my life simple. So this is gone to zero because, why? Because I have said that in the future I will only deal with those elements for which this is true.

Tôi không muốn giải quyết nó. Tôi muốn làm cho cuộc sống của tôi đơn giản. Vì vậy cái này tiến đến không bởi vì, tại sao? Bởi vì tôi đã nói rằng trong tương lai tôi sẽ chỉ khảo sát những thành phần này mà trong đó điều này đúng.

I'm going to discipline myself. I'm going to discipline myself to only deal with those systems. OK, Maxwell is turning around and, you know, mad at me and all that stuff, but tough. So this, what I've said about making a simplification here, and this is one of the simplifications I'm making.

Tôi sẽ tự thi hành kỉ luật đối với tôi. Tôi sẽ tự thi hành kỉ luật chỉ để giải quyết những hệ này. Vâng, Maxwell đang quay ngược lại và, bạn biết, giận giữ với tôi và các thứ đó, nhưng không nhượng bộ. Vì vậy cái này, những gì tôi đã nói về việc tạo ra sự đơn giản hóa ở đây, và đây là một trong những sự đơn giản hóa mà tôi đang tạo ra.

And I give a name to the simplification. And that's called the lumped matter discipline. OK, so I'm saying I will only deal with elements for which if I put a black box around it, this is going to be true.

Và tôi đặt tên cho sự đơn giản hóa. Và nó được gọi là quy tắc gộp vấn đề. Vâng, vì vậy tôi nói là tôi sẽ chỉ khảo sát những yếu tố mà đối với nó nếu tôi đặt một hộp đen quanh nó, điều này sẽ trở thành sự thật.

And if this is going to be true, then notice, there is no charge buildup. Current in must equal current out. Ah-ha! So this becomes IA. This becomes IB. Yes. OK, I can now deal with IA's and IB's.

Và nếu điều này đúng, thì chú ý là, không có **sự tích tụ điện tích**. Dòng đi vào phải bằng dòng đi ra. Aha! Vì vậy cái này trở thành IA. Cái này trở thành IB. Vâng. Vâng, bây giờ tôi có thể khảo sát của IA và IB.

And IB and IA are equal because this is zero. Notice that there is a whole bunch of depth here in the jump from here to here. As MIT graduates, you really, really need to understand why it is that we

made that jump, and then go and use that, and do cool things.

Và IB và IA bằng nhau bởi vì cái này bằng 0. Chú ý rằng có toàn bộ một loạt các điều bí ẩn ở đây khi nhảy từ đây đến đây. Là những sinh viên của MIT, bạn thực sự, thực sự cần phải hiểu tại sao chúng tôi đã thực hiện bước nhảy đó, và sau đó đi và dùng nó, và làm những điều thú vị.

All right, this allows us to define I. We have a unique I associated with an element for the current through the element. We still have to worry about B, and I won't go through that in detail. The course notes have some discussion of that and so does the textbook.

Được rồi, điều này cho phép chúng ta định nghĩa I. Chúng ta có một I duy nhất gắn với một yếu tố cho dòng điện đi qua yếu tố. Chúng ta vẫn còn phải lo lắng về B, và tôi sẽ không khảo sát cái đó chi tiết. Các hướng dẫn khóa học có một số thảo luận về điều đó và trong sách giáo khoa cũng có.

So V, AB is defined when $\text{del } \phi B$, the rate of change of magnetic flux is zero. So, if I take the element and I take any region outside the element, this must be true. And you say, why should that be true? That's not true in general.

Vì vậy V, AB xác định khi $\text{del } \phi B$, tốc độ thay đổi của từ thông bằng không. Vì vậy, nếu tôi chọn một yếu tố và tôi chọn bất cứ vùng bên ngoài của yếu tố, điều này phải đúng. Và bạn nói, tại sao điều đó đúng? Điều đó không đúng trong trường hợp tổng quát.

Absolutely. It's not true in general. But I, because I choose to, I going to deal with only those elements. I will discipline myself. But these are only those elements for which this is true, and this is true.

Chính xác. Điều đó không đúng trong trường hợp tổng quát. Nhưng tôi, bởi vì tôi chọn, tôi sẽ chỉ giải quyết những thành phần này. Tôi sẽ tự kỉ luật. Nhưng chỉ có những yếu tố nào mà trong đó điều này đúng, và điều này đúng.

I'm going to limit my world. I'm going to create a play field for myself. You want to play; follow my rules. OK, and that's called the lumped matter discipline. So once you say that I'm going to adhere to the lump matter discipline, and this is true inside your elements.

Tôi sẽ giới hạn thế giới của tôi. Tôi sẽ tạo ra một lĩnh vực vui chơi cho chính tôi. Bạn muốn chơi; hãy theo luật của tôi. OK, và đó được gọi là nguyên tắc gộp vấn đề. Vì vậy một khi bạn nói rằng tôi sẽ tôn trọng nguyên tắc gộp vấn đề, và điều này sẽ đúng bên trong các thành phần của bạn.

This is true outside the elements. You can define VA and VB, and good things happen to you. OK, let me show you a few examples of lumped elements. But remember, a large part of what we're doing is based on these two assumptions.

Điều này đúng bên ngoài những yếu tố. Bạn có thể định nghĩa VA và VB, và những điều tốt xảy ra với bạn. Vâng, hãy để tôi chỉ cho bạn vài ví dụ về các yếu tố được gộp lại. Nhưng hãy nhớ, phần lớn những gì chúng ta đang làm là dựa trên hai giả thuyết này.

And to just go through the background on that, I would encourage you to go to chapter 1 of your course notes and read through just as how this came about, that comes about. So, by doing that by adhering to a lumped matter discipline, we can now lump objects.

Và chỉ để xét bối cảnh trên đó, tôi khuyến khích bạn đi đến chương 1 trong hướng dẫn môn học của bạn và đọc qua ngay cách thức mà điều này xảy ra, điều đó xảy ra. Vì vậy, bằng cách làm điều đó tuân thủ quy tắc gộp vấn đề, bây giờ chúng ta có thể gộp các vật thể.

We could lump a bulb into a resistor. OK, so to be clear, a certain number of lumped objects, and now, the universe is going to be comprised into lumped objects. OK, so before this, when he went home, we talked about eggs, and omelets, and light bulbs, and switches, but once you come to MIT, and after you've taken 6.002, you begin talking about lumped elements, you know, resistors, voltage sources, capacitors, little inky-dinky objects that follow the lumped matter discipline.

Chúng ta có thể gộp bóng đèn vào trong điện trở. Vâng, vậy nên để cho rõ ràng, và bây giờ, vũ trụ sẽ bao gồm những vật thể nguyên khối. Vâng, vì vậy trước cái này, khi anh ta về nhà, anh ta đã nói về trứng, và trứng tráng, và bóng đèn, và công tắc, nhưng một khi bạn đến MIT, và sau khi bạn học 6.002, bạn bắt đầu nói về các yếu tố nguyên khối, bạn biết, điện trở, nguồn áp, tụ điện, những vật xinh xắn đen như mực theo quy tắc gộp vấn đề.

OK, they stick to very simple rules, and the math that you have to do to analyze them is incredibly simple. What could be simpler than V is equal to IR ? So, let me give you an example of interesting lumped elements, and then show you a couple of really nasty lumped

elements.

Vâng, chúng gắn với những quy luật rất đơn giản, và toán học mà bạn phải làm để phân tích chúng là đơn giản một cách khó tin. Cái gì đơn giản hơn V bằng IR ? Vì vậy, hãy để tôi chỉ cho bạn về những thành phần nguyên khối lí thú, và sau đó chỉ cho bạn những thành phần nguyên khối thực sự gây bực mình.

OK. OK, so what you see out here, so we characterize lumped elements by the VI characteristics. OK, you apply voltage, measure the current. OK, so what I can do is I can plot I here, and V here, and see what it looks like.

Vâng. Vâng, vậy bạn thấy gì ngoài đây, chúng ta đã mô tả các thành phần nguyên khối bằng đặc tuyến VI. Vâng, bạn đặt điện áp, đo dòng điện. Vâng, vậy những gì tôi có thể làm là tôi có thể vẽ đồ thị I ở đây, và V ở đây, và xem nó như thế nào.

OK, I can characterize elements by their VI relationship. And there are a bunch of elements that I can create based on the VI relationship. So let me show you a few examples. So for the resistor, since V is directly proportional to I , and R is a constant, I get a straight line.

Vâng, tôi có thể mô tả những yếu tố bởi mối quan hệ VI của chúng. V à có một nhóm các yếu tố mà tôi có thể tạo ra dựa trên mối quan hệ VI. Vì vậy hãy để tôi chỉ cho bạn vài ví dụ. Vì vậy đối với điện trở, vì V tỉ lệ trực tiếp với I , và R là hằng số, tôi được một đường thẳng.

That's the I axis, the V axis, and this is the resistor. What I actually have is a variable resistor, so I'm going to change the resistance value, R , and the curve will also change slope. OK, I changed the value

of R because it's a variable resistor, and the changes slope because my R is different.

Đó là trục I, trục V, và đây là điện trở. Những gì tôi thực sự có là biến trở, vì vậy tôi sẽ thay đổi giá trị điện trở, R, và đường cong cũng sẽ thay đổi độ dốc. Vâng, tôi đã thay đổi giá trị của R vì nó là biến trở, và sự thay đổi độ dốc bởi vì R của tôi là khác.

OK, next, let me go to a fixed resistor, and this guy here on the screen to your left is a fixed resistor. And you see that its IV characteristic is a line of a given slope, $1/R$, and that's it. I can't change it.

Vâng, tiếp theo, hãy để tôi đi đến điện trở cố định, và ở đây thẳng này trên màn đến phía trái của bạn là điện trở cố định. Và bạn thấy rằng tính chất IV của nó là một đường thẳng độ dốc cho trước, $1/R$, và vậy đấy. Tôi có thể thay đổi nó.

Number three, I have another lumped element called a Zener diode that you will see in the fourth week of this class, and the characteristics for the Zener diode look like this: IV. If my voltage goes across the Zener diode goes up slightly, the current shoots up.

Số ba, tôi có một thành phần nguyên khối khác được gọi là diode Zener **mà bạn sẽ thấy trong tuần thứ tư của khóa học này**, và đặc tuyến của diode Zener giống như thế này: IV. Nếu điện áp đi qua diode Zener tăng lên không đáng kể, dòng tăng nhanh.

But if the voltage becomes negative I don't have any current flowing into it until the voltage passes on the threshold, at which point my current begins to build up. OK, so I can increase the voltage a little bit, and it can show that the current starts building up again.

Nhưng nếu điện áp âm không có bất kỳ dòng nào chảy qua nó cho đến khi điện áp đi qua đạt đến ngưỡng, tại điểm mà dòng bắt đầu hình thành dần. Vâng, vì vậy tôi có thể tăng điện áp lên một chút, và tôi có thể chứng tỏ rằng dòng bắt đầu hình thành dần trở lại.

So that's another interesting lumped element called a Zener diode. Let's switch to the next one called a diode. So a diode looks like this: IV.

As the voltage across the diode becomes positive, around .6 volts, or thereabout, the current begins to shoot up.

Vì vậy đó là một yếu tố nguyên khối lí thú khác được gọi là diode Zener. Hãy chuyển sang cái tiếp theo được gọi là diode. Vậy diode trong giống như thế này: IV. Khi điện áp qua diode dương, quanh 0.6 vôn, hoặc lân cận đó dòng bắt đầu tăng lên.

But when the voltage is below that threshold of .6, then my current is almost zero. It's another lumped element called a diode. And you will begin using these elements in your 002 lives to build interesting systems.

Nhưng khi điện áp ở dưới ngưỡng 0.6 đó, thì dòng của tôi gần như bằng 0. Nó là một yếu tố nguyên khối khác được gọi là diode. Và bạn sẽ bắt

đầu dùng những yếu tố này trong 002 của bạn để xây dựng những hệ thống lí thú.

The next example is a thermistor. A thermistor is a resistor whose resistance varies with temperature. OK, so this is a very expensive little hairdryer, and what I'm going to do is blow some hot air at my resistor, and you're going to see that its value is going to change depending on how much I heat it.

Ví dụ tiếp theo là điện trở nhiệt. Điện trở nhiệt là loại điện trở mà giá trị điện trở của nó thay đổi theo nhiệt độ. Vâng, vậy đây là một máy sấy tóc rất đắt tiền, và những gì tôi sẽ làm là thổi một số khí nóng vào điện trở, và bạn sẽ thấy rằng giá trị của nó thay đổi phụ thuộc vào tôi làm nóng nó nhiều hay ít.

So as it cools down, let me cool it down, so you can see it's coming down. I can zap it again. I could do this all day. This is so much fun. OK, so that's another interesting lumped element. As the temperature rises, its resistance changes.

Vì vậy khi nó lạnh dần, hãy để tôi làm nó lạnh dần, vì vậy bạn có thể thấy nó giảm xuống. Tôi có thể sửa đổi nó lại. Tôi có thể làm điều này suốt ngày. Điều này quá vui. Vâng, vì vậy đó là một thành phần nguyên khối lí thú khác. Khi nhiệt độ tăng, điện trở của nó thay đổi.

The next thing is called a photo resistor. It's a resistor. It used to be a resistor; Lorenzo? Oh OK, that's fine. So this is a photo resistor. And notice that it almost behaves like an open circuit.

Cái tiếp theo được gọi là điện trở quang. Nó là một điện trở. Nó được dùng như một điện trở; Lorenzo? Oh, vâng, điều đó tốt. Vì vậy đây là điện trở quang. Và chú ý rằng nó hầu như hoạt động giống như một mạch hở.

But what I'm going to do is shine some light on it. When I shine light on it, it begins to conduct and becomes a resistor of some value. There

you go. OK, so that's a photo resistor. So now I'm going to show you a battery.

Nhưng những gì tôi sẽ làm là chiếu ánh sáng lên nó. Khi tôi chiếu ánh sáng lên nó, nó bắt đầu dẫn và trở thành một điện trở có một giá trị nào đó. Đây. Vâng, vậy đó là điện trở quang. Vì vậy bây giờ tôi chỉ cho bạn một bình điện.

Notice we did talk about batteries before. I'll show you a battery. So before you show a battery, just thinking your own minds, what should the IV characteristic of a battery look like? IV. A battery supplies a constant voltage.

Chú ý rằng chúng ta đã nói về bình điện từ trước. Tôi sẽ chỉ cho bạn một bình điện. Vì vậy từ trước bạn trưng bày một bình điện, hãy nghĩ theo cách riêng của bạn, đặc tuyến IV của bình điện sẽ như thế nào? IV. Một bình điện cung cấp một điện áp không đổi.

You know your little cell, the AA battery, 1.5 volts? So, think of what the IV characteristic of a battery should look like for three seconds before it shows you. This is the one I showed, Lorenzo?.

Bạn biết pin nhỏ của bạn, pin AA, 1.5 V? Vì vậy, hãy suy nghĩ thử xem đặc tuyến IV của bình điện sẽ như thế nào trước khi tôi chỉ cho bạn. Đây là cái mà tôi đã chỉ, Lorenzo?.

It's a straight line. This is a good battery. It's a straight, vertical line, but says that the voltage is 1.5 volts, or thereabouts. No matter what current it supplies as an ideal voltage source, it has a fixed voltage, V , and no matter what the current going through is.

Đó là một đường thẳng. Đây là một bình điện tốt. Nó là một đường thẳng đứng, cho biết điện áp cỡ 1.5 V. Bất kể dòng nó cung cấp dòng bằng bao nhiêu với vai trò là một nguồn áp lí tưởng, nó có điện áp không đổi, V , và bất kể dòng qua nó bằng bao nhiêu.

Now, I'll show you a dud, a bad battery, and this is what the bad battery looks like. So, many of you have had your car batteries die on you. When you go to the store, they check your batteries. They use exactly this principle, that dead batteries have resistance.

Bây giờ, tôi sẽ chỉ cho bạn một bù nhìn, một bình điện xấu, và bình điện xấu trông giống như thế này. Vì vậy, nhiều bạn đã có bình điện xe hơi bị hư. Khi bạn đi đến tiệm, họ kiểm tra bình điện của bạn. Họ dùng đúng nguyên tắc này, những bình điện chết đó có điện trở.

By the way, you see slopes here. You're thinking of resistance. OK, they can use this property to figure out that your battery is dead. So that's a dead battery. And finally, let me show you a bulb.

Qua đây, bạn thấy độ dốc ở đây. Bạn nghĩ đến điện trở. Vâng, họ có thể dùng tính chất này để biết được bình điện của bạn hỏng. Vì vậy đó là bình điện hỏng. Và cuối cùng, hãy để tôi chỉ cho bạn một bóng đèn.

We started with a bulb, and so I need to end, OK, we started with a

bulb, so I need to end with a bulb. And what you will see is that a bulb simply behaves like a resistor. Its IV curve is going to look like this.

Chúng ta đã bắt đầu với một bóng đèn, và vì vậy tôi cần kết thúc, vâng, chúng ta đã bắt đầu với bóng đèn, vì vậy tôi cần kết thúc với bóng đèn. Và những gì bạn sẽ thấy là bóng đèn đơn giản hoạt động giống như điện trở. Đường cong IV của nó sẽ có dạng như thế này.

OK, notice this is my bulb. And guess what, it behaves like a resistor. It's a very interesting kind of resistor, so I won't go into details for now. But notice its IV characteristic behaves like a resistor.

Vâng, chú ý đây là bóng đèn của tôi. Và đoán điều gì, nó hoạt động giống như điện trở. Nó là một loại điện trở rất lí thú, vì vậy tôi sẽ không đi vào chi tiết bây giờ. Nhưng chú ý rằng đặc tuyến IV của nó giống như điện trở.

OK, so those are some pretty standard lumped elements. You deal with a lot more sets of lumped elements, switches, MOSFETs, capacitors, inductors, a bunch of other fun stuff. But before we do that, what I wanted to tell you, don't go berserk on this abstraction binge.

Vâng, vì vậy những cái này là những yếu tố nguyên khối khá tiêu chuẩn. Bạn khảo sát nhiều tập hợp các yếu tố nguyên khối hơn, công tắc, MOSFET, tụ điện, cuộn cảm, một nhóm các thứ lí thú khác. Nhưng trước khi chúng ta làm điều đó, những gì tôi muốn nói với bạn là, đừng có nổi quạu vì những cuộc chèn chén trừu tượng hóa.

Too much of anything is bad for you. So what I'm going to show you is, abstractions or models are only valid provided you work within a set of constraints. Notice, we have already had this tacit handshake which said that we follow the discipline.

Quá nhiều điều xấu cho bạn. Vì vậy những gì tôi sẽ chỉ cho bạn là, sự trừu tượng hóa hoặc các mô hình chỉ có giá trị miễn là bạn làm việc trong một tập hợp các điều kiện ràng buộc. Chú ý, chúng ta đã có những cái bắt tay ngầm điều đó nói rằng chúng ta theo những quy tắc.

Even after we follow the discipline, there are ranges to how well physical elements can behave like ideal lumped elements. OK, for example, what we will do is show you the resistor. And it's going to look like a resistor.

Thậm chí sau khi chúng ta theo quy tắc, có những phạm vi để các thành phần vật lí có thể hoạt động giống như những thành phần nguyên khối lí tưởng tốt như thế nào. Vâng, chẳng hạn, những gì chúng ta sẽ làm là chỉ cho bạn điện trở. Và nó sẽ giống như một điện trở.

And I'm going to keep increasing the voltage around it. OK, what's going to happen at some point? I just keep doing that. If it's an ideal element, if you're a theorist, you say, oh yeah, the curve will keep extending until I reach infinity.

Và tôi sẽ tiếp tục tăng điện áp qua nó. Vâng, điều gì sẽ xảy ra tại một điểm nào đó? Tôi tiếp tục làm điều đó. Nếu nó là một thiết bị lí tưởng, nếu bạn là một nhà lí luận, bạn nói, oh vâng, đường cong sẽ tiếp tục kéo dài cho đến khi I đạt đến vô cùng.

But this is a practical resistor, so people out here can cover your eyes or something. OK, so you're abstraction can't predict that. All it says is the current is an amp. It can't predict the heat, light, or the smell.

Nhưng đây là một điện trở thực tế, vì vậy người ta ngoài đây có thể che mắt của bạn hoặc thứ gì đó. Vâng, vì vậy bạn thực hiện sự trừu tượng hóa không thể đoán điều đó. Nghĩa là dòng là một ampe. Nó không thể tiên đoán nhiệt, ánh sáng, hoặc mùi.

In the laboratory, even, you get the smell. You know what somebody has just done. So that's one example of the lumped abstraction breaking down. So, if I really believe that my own BS, anything is a lumped element.

Trong phòng thí nghiệm, thậm chí, bạn nhận được mùi. Bạn biết ai đó vừa làm gì. Vì vậy đó là một ví dụ về sự trừu tượng hóa nguyên khối phá vỡ. Vì vậy, nếu tôi thực sự tin rằng BS của riêng tôi, bất cứ thứ gì là một yếu tố nguyên khối.

So here's a pickle. A pickle is a lumped element. I can choose it as a lumped resistor. But this is a very interesting lumped resistor. Don't try this at home. This is a standard pickle into which you are pumping 110 V AC.

Đây là chất tẩy. Chất tẩy là một yếu tố nguyên khối. Tôi có thể chọn nó là một điện trở nguyên khối. Nhưng đây là một điện trở nguyên khối rất lí thú. Đừng thử cái này tại nhà. Đây là chất tẩy tiêu chuẩn mà bạn bơm 110 V xoay chiều vào trong nó.

I promise you, this is a standard pickle. So, it has a fixed resistance, but your lumped abstraction cannot predict the nice light and sound

effect. OK, so the last two or three minutes what I want to do, so remember, don't get carried away by abstractions.

Tôi hứa với bạn, đây là một chất tẩy tiêu chuẩn. Vì vậy, nó có điện trở cố định, nhưng sự trừu tượng hóa nguyên khối của bạn không thể tiên đoán hiệu ứng ánh sáng và âm thanh đẹp. Vâng, vì vậy hai hoặc ba phút cuối cùng những gì tôi muốn làm, vậy hãy nhớ, đừng quá xúc động bởi sự trừu tượng hóa.

There are limits. OK, you can't predict everything. OK, that's the smell of a pickle. OK, so let me give you a preview of some upcoming attractions, and show you one more quick simplification in the last few minutes.

Có những giới hạn. Vâng, bạn không thể tiên đoán mọi thứ. Vâng, đó là mùi của chất tẩy. Vâng, vì vậy hãy để tôi chỉ cho bạn một cái nhìn tổng quan về một số sự trừu tượng sắp tới, và chỉ cho bạn một sự đơn giản hóa nhanh hơn trong vài phút cuối.

So what we can do, once we build these lumped elements, we can connect them in circuits. OK, so I can build a circuit, of the sort. So here's a voltage source with a bunch of resistors. I can connect them with wires and build a circuit of the sort.

Vì vậy những gì chúng tôi có thể làm, một khi chúng tôi đã xây dựng được những yếu tố nguyên khối này, chúng ta có thể kết nối chúng vào mạch. Vâng, vì vậy tôi có thể tạo ra một mạch về hệ thống đó. Vì vậy đây là nguồn áp với một nhóm các điện trở. Tôi có thể nối chúng với dây và tạo ra một mạch về hệ thống đó.

One interesting question we can ask ourselves is, under the lumped matter discipline, what can we say about the voltages? OK, if I go around the loop, provided my world adheres to the lumped matter discipline, what can I say about the voltages around this loop? Ah -ha,

Maxwell again, right? So, I can write Maxwell's appropriate equation to solve that.

Một câu hỏi lí thú mà chúng ta có thể tự hỏi là, theo nguyên tắc đối tượng nguyên khối, chúng ta có thể nói gì về điện áp? Vâng, nếu tôi đi quanh một vòng, miễn là thế giới của tôi tuân theo nguyên tắc đối tượng nguyên khối, tôi có thể nói gì về điện áp qua vòng này? Aha, Lại là Maxwell, đúng không? Vì vậy, tôi có thể viết ra các phương trình Maxwell thích hợp để giải quyết điều đó.

OK, voltages have something to do with E and your integral of $E \cdot dl$ and all of that stuff, right? So this is the appropriate Maxwell's equations to use. And I want to find out what happens here.

Điện áp có gì đó để làm với E và tích phân của bạn E nhân vô hướng dl và tất cả những thứ này, đúng không? Vì vậy đây là các phương trình Maxwell thích hợp để dùng. Và tôi muốn tìm ra những gì xảy ra ở đây.

Now remember, under LMD, I made the assumption. OK, my world, my playground, has $\frac{d\Phi_B}{dt}$ being zero. The rate of change of flux is zero. So, under these circumstances, I can write this.

Bây giờ hãy nhớ rằng, trong LMD, tôi đã sử dụng một giả thuyết. Vâng, thế giới của tôi, sân chơi của tôi, có $\frac{d\Phi_B}{dt}$ bằng 0. Tốc độ thay đổi từ thông bằng không. Vì vậy, trong những điều kiện này, tôi có thể viết điều này.

I can break up this line integral into three parts across the voltage source and across the two resistors and write that down. OK, and then when I can do, is now that the right-hand side is zero, I can simply take this.

Tôi có thể chia tích phân đường này thành ba phần qua nguồn áp và qua hai điện trở và viết điều đó ra. Vâng, và sau đó khi tôi có thể làm, là bây giờ vế phải bằng không, tôi đơn giản có thể lấy cái này.

And I know that $E \cdot dl$ across this element is simply V_{CA} . This is V_{AB} , and this is V_{BC} equals zero. OK, so when I make the assumption that $\frac{d\Phi_B}{dt}$ is zero, and I go around this loop, apply Maxwell's equations, what do I find? I find that the sum of the voltages, V_{CA} plus V_{AB} plus V_{BC} , is zero.

Và tôi biết rằng E nhân vô hướng dl qua thành phần này đơn giản là V_{CA} . Đây là V_{AB} , và đây là V_{BC} bằng 0. Vâng, vì vậy khi tôi giả sử rằng $\frac{d\Phi_B}{dt}$ bằng 0, và tôi đi quanh theo vòng này, áp dụng các phương trình Maxwell, tôi tìm được gì? Tôi tìm ra rằng tổng của điện áp, V_{CA} cộng V_{AB} cộng V_{BC} bằng không.

That's fantastic. So now, I could say *hasta la vista* to this baby here. And I can focus on this guy and say, Maxwell's equations, this thing with squiggles and dels and all that stuff, can be simplified to the sum of the voltages across a set of elements in a loop in a circuit is zero.

Điều đó thật kì lạ. Vì vậy bây giờ, tôi có thể nói hẹn gặp lại đứa bé này ở đây. Và tôi có thể tập trung vào thặng này và nói, các phương trình Maxwell, thứ này với những đường ngoằn ngoèo và những del và tất cả thứ đó, có thể được đơn giản hóa bằng tổng của điện áp qua tập hợp các yếu tố trong vòng trong một mạch bằng không.

OK, and this is called Kirchhoff's first law, KVL. OK, similarly, in recitation section, you'll see the application of Kirchhoff's current law, which comes from this be equal to zero, and all the currents coming into a node being zero.

Vâng, cái này được gọi là định luật Kirchhoff thứ nhất, KVL. Vâng, tương tự, trong phần kiểm tra miệng, bạn sẽ thấy ứng dụng của định luật dòng Kirchhoff, nó xuất phát từ việc cái này bằng không, và tất cả các dòng điện đi vào trong một nút bằng không.

So, KVL and KCL directly come out of the lumped matter discipline. And you can use those to solve circuits like this.

Vì vậy, KVL và KCL như là sự thể hiện của nguyên tắc đối tượng nguyên khối. Và bạn có thể dùng cái này để giải mạch giống như thế này.