

# Ada y la primera computadora

*La colaboración entre Ada, condesa de Lovelace, y Charles Babbage, precursor de la computación automática, fructificó en un artículo clásico donde describía el modo de programar el primer ordenador de la historia*

Eugene Eric Kim y Betty Alexandra Toole

Aunque llamado “loco y malvado” por su conducta desenfadada, el padre de Augusta Ada King ocupa un lugar destacado en el panteón de la fama con el título de Lord Byron. Ada heredó de su padre poeta el talento literario y la pasión por la vida. Hermosa y coqueta, se codeó con la elite de la sociedad inglesa. Murió a los 36 años, a la misma edad que su progenitor. También ella pasó a la posteridad por lo que escribió.

Ada publicó en 1843 una colección de influyentes notas, en las que describía el Ingenio Analítico de Charles Babbage, la primera computadora automática de aplicaciones generales jamás proyectada. Aunque nunca se construyó la máquina —debido, sobre todo, a que Babbage no consiguió reunir los fondos necesarios—, en las notas de Ada figuraba un programa para calcular mediante el Ingenio una sucesión de valores numéricos, la de los números de Bernoulli.

Las notas de Ada han dejado su impronta en las ciencias de cómputo, pero su linaje y su vida fascinante —amén de su papel de precursora en una ciencia donde la representación femenina ha sido siempre de escasez notoria— la han convertido en figura de referencia. Protagonista de biografías, ha inspirado novelas y obras dramáticas. En febrero pasado, Fox Lorber estrenó una película, *Conceiving Ada*, que recrea con libertad la vida de Ada Lovelace. Y aun siendo muchas las mujeres que han contribuido al avance de la informática, sólo Ada cuenta con un lenguaje de programación que lleve su nombre; es utilizado sobre todo para aplicaciones militares y aeroespaciales.

No es sorprendente que las aportaciones de Ada a las ciencias de cómputo hayan sido exageradas por unos y desdeñadas por otros, ni que el auténtico valor de su legado haya suscitado controversias. Es frecuente, por ejemplo, proclamar que fue Ada la primera en programar ordenadores. (Fue Babbage, y no Ada, quien confeccionó los primeros programas para su Ingenio Analítico, aunque apenas ninguno fuera publicado.) Otros, injustamente, le niegan a Ada la autoría del programa que figura en las notas, e incluso de las notas mismas.

La verdad se encuentra a medio camino. El propio Babbage caracterizó perfectamente las aportaciones de Ada al llamarla “su intérprete”. Ciertamente es que discutió con ella las notas y revisó los primeros borradores, pero no cabe duda de que la autora fue la propia Ada. Mientras que los trabajos de Babbage sirvieron de base a las ideas y las notas de Ada, su lúcida redacción revelaba una comprensión propia y singular de

la importancia del Ingenio Analítico y de las muchas posibilidades que ofrecía.

Augusta Ada Byron nació en Londres el 10 de diciembre de 1815, hija de Lord Byron y de la matemática Annabella Milbanke, matrimoniados once meses antes. En la época del nacimiento de Ada, su madre albergaba ya reservas serias sobre la convivencia con Byron. Circulaban rumores, muy probablemente iniciados por Carolina Lamb, prima de Annabella, de que Byron había tenido una aventura con su hermanastra, lo que dio pie a Annabella para separarse de él. Byron abandonó Inglaterra en abril de 1816. Nunca volvió a ver a su hija.

Lady Byron educó a la pequeña con la intención de hacer de ella una matemática y científica, y se esforzó en apartarla de sus inclinaciones literarias, en parte, para distanciarla de su padre. Ada recibió una excelente educación: le enseñó matemáticas Mary Somerville, una científica prominente, notoria, sobre todo, por sus traducciones de las obras de Pierre Simon de Laplace. Participó también en su formación el lógico y matemático Augustus De Morgan.

La educación matemática de Ada era insólita para su época, incluso entre la nobleza. Aunque durante la primera mitad del siglo XIX las matemáticas florecían en el continente, en Gran Bretaña dejaban mucho que desear. A su revitalización estaban contribuyendo De Morgan, George Peacock y Charles Babbage. Pero la educación matemática de la juventud, femenina especialmente, seguía en un estado penoso. Sin embargo, bajo la tutela de De Morgan, Ada llegó a imponerse en los principios del álgebra, la lógica y el cálculo.

El 5 de junio de 1833, Ada, que contaba 17 años, asistió a una fiesta en la que conoció a Babbage, un viudo de 41 años, famoso por su activismo político y por su trabajo en matemáticas y en economía. Pocas semanas después de aquel encuentro, Babbage le mostró a Ada su Ingenio de Diferencias, todavía incompleto, una primitiva máquina de calcular [véase “La computadora mecánica de Charles Babbage”, por Doron D. Swade, INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, abril de 1993]. Ada quedó cautivada. Durante los años siguientes, siguió de cerca el desarrollo del Ingenio de Diferencias, estudiando los pocos artículos publicados y discutiéndolos con Babbage.

Diseñó éste el Ingenio de Diferencias pensando en crear una máquina que generase tablas matemáticas y automatizase los pasos “mecánicos” del cálculo. Aunque



1. ADA LOVELACE posó para este retrato de A. E. Chalón hacia 1838, varios años después de su primer encuentro con Charles Babbage, diseñador de la primera computadora del mundo. El sello de la izquierda fue emitido en 1991 por el servicio de correos británico para conmemorar el bicentenario del nacimiento de Babbage. En el fondo vemos ideas de programación esbozadas por Babbage. Posteriormente, Ada generalizó sus propuestas.

eficiente, era computacionalmente limitada. Además de sumar y restar, podía resolver una serie de ecuaciones polinómicas (como la  $0 = a + bx + cx^2 + dx^3 \dots$ ).

Babbage, sin embargo, había empezado a pensar en cosas mejores. Cuando la amistad entre ambos fue más profunda, comenzó a confesarle su proyecto de una nueva máquina, harto más avanzada que el Ingenio de Diferencias. Babbage la bautizó Ingenio Analítico, y dedicó los 38

años restantes de su vida a refinar los planes para construirla.

De acuerdo con los diseños de Babbage, el Ingenio Analítico se hallaría exento de las limitaciones del Ingenio de Diferencias. Concebido con la intención de resolver problemas computacionales de carácter general, habría de poseer una arquitectura similar a la de los ordenadores de nuestros días, compuesta por un “almacén” (memoria), un “molino” (unidad central de procesamiento; CPU, en

inglés) y un sistema de lectura de tarjetas perforadas (dispositivo de entrada). Babbage se proponía basar en tarjetas perforadas la codificación de la entrada de datos (una idea tomada del telar Jacquard, capaz de crear automáticamente, mediante tarjetas de ese tipo, motivos textiles). La salida del ingenio podría adoptar la forma de una página impresa o de fichas perforadas. El Ingenio Analítico efectuaría sumas, restas, multiplicaciones y divisiones. Ejecutaría o repetiría un conjunto de instrucciones, atendiendo a ciertas condiciones (“si ocurre  $x$ , entonces  $y$ ”), noción que es central en la informática moderna, donde recibe el nombre de salto condicional.

**B**abbage expuso en 1840, en Turín, su primera y única presentación pública del Ingenio Analítico. Entre los presentes se hallaba Luigi Federico Menabrea (joven matemático que habría de llegar a primer ministro de Italia). Publicó las notas que tomó de la reunión, con anotaciones complementarias de Babbage, en el artículo “Esbozo del Ingenio Analítico”, aparecido en francés.

Menabrea centró su atención más en los procesos matemáticos internos del Ingenio de Diferencias y del Ingenio Analítico que en sus operaciones mecánicas subyacentes. Trazó el propósito de los componentes del Ingenio Analítico y reconoció que sería capaz de computar cualquier fórmula algebraica adecuadamente expresada (es decir, programada) en las fichas perforadas. “Las tarjetas”, escribió Menabrea, “constituyen una mera traducción de fórmulas algebraicas, o, por expresarlo mejor, son otra forma de notación analítica”.

Ada —convertida ya en condesa de Lovelace tras su boda con William King— leyó el trabajo de Menabrea y empezó a traducirlo al inglés. Ada y Babbage seguían manteniendo una buena amistad. Cuando éste se enteró del trabajo de Ada, a primeros de 1843, la animó a comentar la traducción. Esa sugerencia dio comienzo a una importante colaboración, cuyo fruto fue la publicación por Ada de un artículo en el que se examinaba con detenimiento la programación de una máquina computadora; iba a ser el único artículo de tal naturaleza durante los cien años siguientes. Ada incluía un total de siete notas (de la A a la G), cuya extensión conjunta duplica con holgura la del artículo original de Menabrea. Un tema importante era la significación de la capacidad del Ingenio Analítico

## Números de Bernoulli

Los números de Bernoulli aparecen en los desarrollos polinómicos de funciones trigonométricas que sirvieron antaño para la construcción de tablas de navegación. Están definidos por la constante  $B_n$  en el desarrollo polinómico de la expresión:

$$\frac{x}{e^x - 1} = \sum_{n \geq 0} B_n \frac{x^n}{n!}$$

Para su programa, Ada simplificó la expresión anterior, dejándola en:

$$0 = -\frac{1}{2} \frac{(2x-1)}{(2x+1)} + B_1 \frac{2x}{2!} + B_2 \frac{(2x)(2x-1)(2x-2)}{4!} + B_3 \frac{(2x)(2x-1)(2x-2)(2x-3)(2x-4)}{6!} + \dots + B_n \frac{(2x)(2x-1)\dots(2x-2n+2)}{(2n)!}$$

Para calcular  $B_n$  a partir de esta expresión, se empieza haciendo  $x = 1$ . Obsérvese que la fracción que está junto a  $B_1$  se convierte en 1, y las fracciones que acompañan a  $B_2$ ,  $B_3$  y sucesivos son todas iguales a 0, porque cada numerador contiene el factor  $(2x-2)$ , que es igual a 0 cuando  $x = 1$ . Resulta así:

$$0 = \left(-\frac{1}{2} \times \frac{1}{3}\right) + B_1$$

Por tanto,  $B_1 = 1/6$ . Ahora, tomando  $x = 2$ , la fracción que acompaña a  $B_2$  toma el valor 1, porque lo mismo el numerador que el denominador son iguales a  $4!$  ( $4 \times 3 \times 2 \times 1$ ), y las fracciones que acompañan a  $B_3$ ,  $B_4$  son todas iguales a 0, porque cada numerador contiene el factor  $(2x-4)$ , que es igual a 0 cuando  $x = 2$ . La expresión resultante es:

$$0 = \left(-\frac{1}{2} \times \frac{3}{5}\right) + (B_1 \times 2) + B_2$$

El valor de  $B_1$  es conocido ya por la sustitución precedente, y se puede ver fácilmente que  $B_2 = -1/30$ . Los cinco primeros números de Bernoulli son  $1/6$ ,  $-1/30$ ,  $1/42$ ,  $-1/30$  y  $5/66$ .

Por diversas razones, los índices que Ada utilizó en su programa eran todos números impares:  $B_1$ ,  $B_3$ ,  $B_5$  y sucesivos, y no  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3 \dots$ . El cómputo de cada uno de los números de Bernoulli, uno por vez, constituía el bucle externo del programa, por utilizar el vocabulario de programación moderno. Para calcular el valor de la fracción que acompaña a cada número de Bernoulli, Ada se valió de un segundo bucle. Empezaba dividiendo el primer factor del numerador por el primer factor del denominador y almacenando ese valor. Después dividía el segundo factor del numerador entre el segundo factor del denominador y multiplicaba el valor resultante por el previamente almacenado. Estos pasos se iteraban hasta concluir el cálculo del valor de la fracción, momento en que era multiplicado por el número de Bernoulli adecuado.

—E.E.K y B.A.T.



Ingenio para saltar a distintas instrucciones atendiendo a determinadas condiciones. Y trazó la divisoria entre lo teóricamente posible de computar y lo imposible en la práctica. Ada escribió también sobre las ventajas que ofrecía la capacidad del Ingenio Analítico para utilizar más de una vez un mismo fragmento de codificación. Además, al describir las capacidades de procesamiento simbólico del Ingenio, se refirió a su capacidad para componer música: “Suponiendo, por ejemplo, que las relaciones fundamentales de los sonidos afinados de la ciencia de la armonía y la composición musical fueran susceptibles de tales expresiones y adaptaciones, el Ingenio podría componer piezas musicales científicas y elaboradas, de cualquier grado de complejidad y extensión.”

Finalmente, desdeñó la idea de que la máquina “pensara” en la forma en que piensan los humanos. “El Ingenio Analítico no tiene pretensión alguna de *originar nada*”, afirmó. “Puede hacer cualquier cosa que nosotros *sepamos* ordenarle que realice.” Más de cien años después, Alan M. Turing hizo famoso ese juicio en una disertación histórica sobre inteligencia artificial, dándole el nombre de “la objeción de Lady Lovelace”.

El resto de las notas de Ada estaba dedicado a la mecánica de la programación del Ingenio Analítico, sin olvidar una descripción del mecanismo de tarjetas perforadas y de la notación para confeccionar programas. Si, como Menabrea había expresado, y Ada reafirmado, las tarjetas perforadas eran la mera expresión de fórmulas algebraicas, se requeriría una notación rigurosa para expresar las fórmulas en las tarjetas perforadas. Babbage había propuesto un formato tabular para la expresión

EUGENE ERIC KIM y BETTY ALEXANDRA TOOLE se interesaron por Ada Lovelace mientras preparaban sus tesis de graduación. Kim es redactor técnico en *Dr. Dobbs Journal*, de la ciudad californiana de San Mateo. Se licenció en historia y ciencia por la Universidad de Harvard. Toole se graduó por la de California en Berkeley, donde se especializó en historia de la ciencia y en la integración de la técnica en la educación. Es autora de *Ada, the Enchantress of Numbers: A Selection from the Letters of Lord Byron's Daughter and Her Description of the First Computer*.

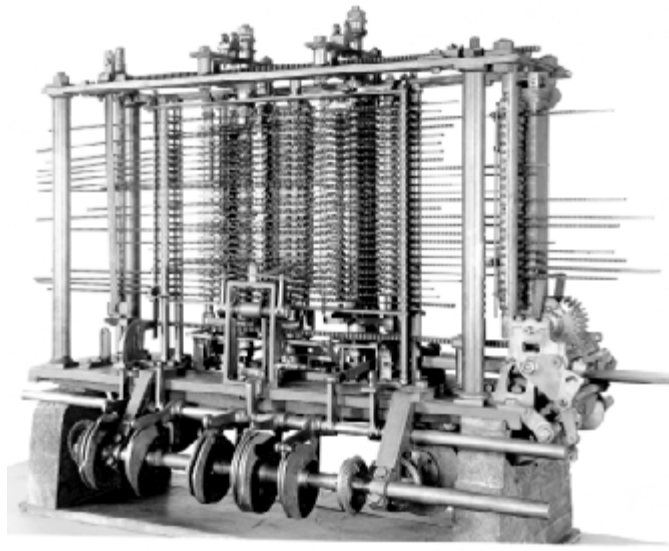
de programas, que Ada modificó en su publicación.

Nuestra protagonista concluye las notas con su programa para el cómputo de los números de Bernoulli. El matemático suizo Jakob Bernoulli escribió sobre éstos en *Ars conjectandi* (El arte de la conjetura), tratado clásico de probabilidades cuya primera edición es de 1713. El programa de Ada sobre deducción de números de Bernoulli ponía de relieve la capacidad del Ingenio Analítico para efectuar saltos condicionales. Se valía de dos bucles. Era mucho más ambicioso y complejo que cualquiera de los programas que Babbage había escrito para el Ingenio.

Todo cuanto saben los historiadores acerca del trabajo de Ada procede de la correspondencia entre Ada y Babbage, de los cuadernos y la autobiografía de Babbage, y de las propias notas de Ada, incorporados en las *Scientific Memoirs* de Richard Taylor. De las cartas entre Ada y Babbage que han llegado hasta nosotros, la mayoría están escritas por Ada. Lamentablemente, el cuaderno de Ada se ha perdido.

Ada compiló sus notas entre febrero y septiembre de 1843. Durante ese intervalo comunicó frecuentemente a Babbage sus progresos, de viva voz o por carta. Aunque recurría a Babbage para explicar el funcionamiento interno de la máquina y para confirmar la exactitud de sus descripciones, no era raro que lo dejase atónito con su perspicacia agudísima. Por ejemplo, tras leer un borrador de la Nota A, Babbage respondió: “Me siento muy reacio a devolver su admirable & filosófica Nota A. Le suplico que no la altere... Era imposible que usted supiera todo esto por intuición, y cuanto más leo sus notas, más sorprendido me dejan y me hacen lamentar no haber explorado antes tan rica vena del más noble metal.”

Ada buscaba las opiniones de Babbage y se mostraba receptiva a sus sugerencias sobre contenido; se resistió, sin embargo, a cambiar su



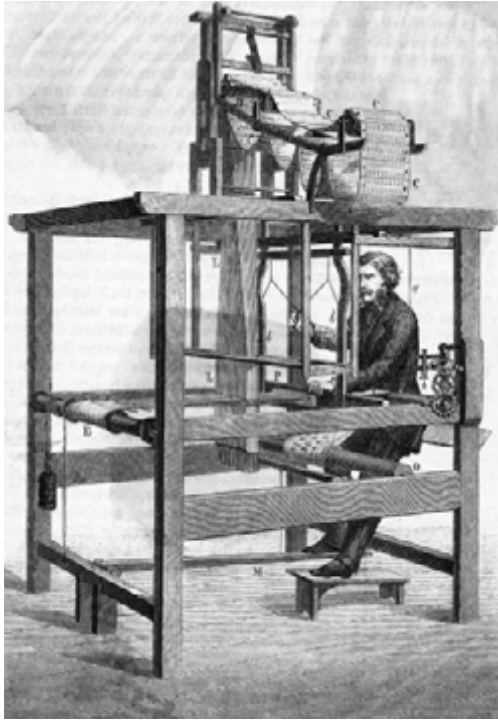
**2. EL INGENIO ANALITICO DE BABBAGE nunca llegó a ser totalmente construido. Un sector del mismo (arriba), correspondiente a parte del molino (CPU) y los dispositivos de impresión, fue ensamblado poco antes de su muerte, ocurrida en 1871. El ingenio hubiera sido programado mediante tarjetas perforadas, idea tomada del telar Jacquard para tejer motivos (a la derecha).**

redacción. En agosto de 1843, un mes antes de que las pruebas definitivas fueran a imprenta, Babbage trató de insertar un prefacio en las notas de ella, quejándose de la falta de apoyo gubernamental para su Ingenio Analítico. Ada, furiosa, le escribió una carta airada. Al cabo resolvieron sus diferencias, y el prefacio de Babbage apareció de forma anónima e independiente.

En carta a Babbage fechada en julio de 1843, escribía: “Deseo insertar en una de mis Notas algo sobre los números de Bernoulli, a modo de ejemplo de cómo puede calcularse por el Ingenio una función implícita, sin haber sido previamente calculada por la mente & manos humanas. Facilítame los datos y las fórmulas necesarias.” (Ada había estudiado los números de Bernoulli con De Morgan dos años antes, pero al parecer necesitaba refrescar su recuerdo de la fórmula para generarlos.)

Ante esta epístola, quedan claras dos cosas. La primera, que la idea de incluir un programa que computase números de Bernoulli fue de Ada. Segunda, que Babbage, como mínimo, le facilitó las fórmulas para calcular los números de Bernoulli, hecho que confirmó 21 años después en su autobiografía, *Passages from the Life of a Philosopher*.

No podemos saber de cierto en cuánta medida ayudó Babbage a Ada en la preparación del programa de los



números de Bernoulli. Estaba capacitada para crear el programa dadas las fórmulas adecuadas; no cabe de ello la menor duda, habida cuenta de la profundidad de su comprensión del proceso de programación y de los perfeccionamientos que introdujo en la notación de programación de Babbage. Además, las cartas que Ada y Babbage se cruzaron en la época parecen indicar que las aportaciones del segundo se limitaron a las fórmulas matemáticas y que Ada creó el programa. Enfrascado en éste, le mandó a Babbage: “He estado trabajando incesantemente, & casi siempre con éxito, durante todo el día. Va usted a admirar en extremo la Tabla & Diagrama. Han sido confeccionados con sumo cuidado, & todos los índices, cuidados con suma minucia & escrupulosidad.”

No es posible excederse al resaltar la importancia de que Ada optase por redactar este programa. Babbage había escrito varios programas pequeños para su Ingenio Analítico en 1836 y 1837, pero ninguno se acercaba a la complejidad del programa de los números de Bernoulli. Por sus estudios anteriores, estaba familiarizada con las propiedades de esos números. Es posible que se percatase de que un programa para los números de Bernoulli permitiría poner elegantemente de manifiesto algunas de las características esenciales del Ingenio Analítico, como

la de salto condicional. Por otra parte, como Menabrea había aludido en su artículo a los números de Bernoulli, el programa de Ada encajaba perfectamente con su traducción de Menabrea.

No podemos terminar nuestro ensayo sin mencionar a Dorothy Stein, autora de *Ada: A Life and a Legacy*, en 1985. Entre las críticas Stein le reprocha la incompetencia en matemática, incapaz por tanto de escribir por sí sola el programa de los números de Bernoulli, idea que repetirán otros biógrafos.

La tesis de Stein se funda en dos datos. Primero, señala un error matemático en la traducción del artículo de Menabrea, vertiendo un error tipográfico francés en un aserto matemáticamente imposible. En el artículo original se leía “le cos. de  $n = \infty$ ”, cuando debería decir

“le cas de  $n = \infty$ ”. La traducción correcta debería rezar “en el caso de  $n = \infty$ ”, pero Ada tradujo el aserto literalmente, diciendo “cuando el cos  $n = \infty$ ”, lo que es una imposibilidad matemática.

En segundo lugar, Stein cita cartas entre Ada y sus tutores que revelan las dificultades que tenía para realizar la sustitución funcional (demostrar una igualdad por sustitución de una función con su identidad). “La evidencia de la tenuidad con que ella asía la materia de las matemáticas, leemos en Stein, resultaría difícil de atribuir a quien consiguiera adquirir una reputación contemporánea y póstuma de talento matemático, si no hubiera tanto de ello.”

Ada había traducido erróneamente una de las proposiciones de Menabrea, pero no es justo atribuir el error a incompetencia matemática. No fue el único error de su artículo; Ada se equivocó incluso al poner sus iniciales en su nota final, abreviando “A.L.L.” en vez de “A.A.L.” Las 65 páginas de traducciones y anotaciones fueron revisadas por Babbage y otros, quienes también pasaron por alto los errores.

La acusación de Stein de que Ada no comprendía la sustitución funcional es más grave, porque constituye una noción vital en la programación de ordenadores. Es necesario recordar, empero, que el álgebra era la punta de lanza de las matemáticas

en la Inglaterra de la época, y que Ada estaba aprendiendo por correspondencia. Reconociendo que sus tutores la estaban ayudando gratuitamente, es más probable que Ada les escribiera sobre las cuestiones que no comprendía que sobre los conceptos que ya había adquirido. El nivel de refinamiento matemático de sus últimas cartas hace ver que, aun cuando Ada pudiera haber tenido dificultades con la sustitución funcional antes de empezar a trabajar en sus notas, lo más probable es que la comprendiera cuando empezó a escribirlas.

La salud de Ada, que no fue buena en ningún momento de su vida, decayó aún más a partir de 1843, limitando su capacidad para el ejercicio de la matemática. Murió el 27 de noviembre de 1852, probablemente de cáncer de útero. A petición suya, fue enterrada al lado de su padre. Su trabajo permaneció en una relativa oscuridad hasta 1953, cuando Bertram V. Bowden compiló *Faster than Thought*, una historia de los ordenadores donde mencionaba el trabajo profético de Ada.

Aunque muchos precursores de la computación moderna acabaron teniendo noticia de los trabajos de Babbage y del artículo de Ada, todos ellos realizaron sus avances conceptuales de forma independiente. A Howard Aiken, de la Universidad de Harvard, que proyectó y construyó el Mark I en 1944, le gustaba considerarse sucesor directo de Babbage. Pero ni estaba familiarizado con el trabajo de Ada, ni alcanzó a comprender la importancia del salto condicional.

Lo que ahora sabemos sobre el diseño y la programación de ordenadores tal vez no se pueda remontar directamente a Babbage y a Ada, pero ellos sí podrían reclamar la precedencia en muchos de estos conceptos. Y Ada, en particular, se ha convertido en un personaje cuya vida y cuyo trabajo todavía avivan la imaginación de muchos científicos informáticos de nuestros días.

#### BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTARIA

THE MATHEMATICAL WORK OF CHARLES BABBAGE. J. M. Dubbey. Cambridge University Press, 1978.

CHARLES BABBAGE. PIONEER OF THE COMPUTER. Anthony Hyman. Princeton University Press, 1982.