

Initial productions:

1. $S \rightarrow bA$
2. $S \rightarrow BC$
3. $A \rightarrow a$
4. $A \rightarrow aS$
5. $A \rightarrow bCaCa$
6. $B \rightarrow A$
7. $B \rightarrow bS$
8. $B \rightarrow bCAa$
9. $C \rightarrow -$
10. $C \rightarrow AB$
11. $D \rightarrow AB$

Eliminating epsilon productions

<ol style="list-style-type: none"> 1. $S \rightarrow bA$ 2. $S \rightarrow BC$ 3. $A \rightarrow a$ 4. $A \rightarrow aS$ 5. $A \rightarrow bCaCa$ 6. $B \rightarrow A$ 7. $B \rightarrow bS$ 8. $B \rightarrow bCAa$ 9. $C \rightarrow -$ 10. $C \rightarrow AB$ 11. $D \rightarrow AB$ 	$S \rightarrow B$ $A \rightarrow baCa$ $A \rightarrow baa$ $A \rightarrow bCaa$ $B \rightarrow bAa$
--	---

Epsilon-free productions:

1. $S \rightarrow bA$
2. $S \rightarrow BC$
3. $S \rightarrow B$
4. $A \rightarrow a$
5. $A \rightarrow aS$
6. $A \rightarrow bCaCa$
7. $A \rightarrow baCa$
8. $A \rightarrow baa$
9. $A \rightarrow bCaa$
10. $B \rightarrow A$
11. $B \rightarrow bS$
12. $B \rightarrow bCAa$
13. $B \rightarrow bAa$
14. $C \rightarrow AB$
15. $D \rightarrow AB$

Eliminating the renaming

1. $S \rightarrow bA$ 2. $S \rightarrow BC$ 3. $S \rightarrow B$ 4. $A \rightarrow a$ 5. $A \rightarrow aS$ 6. $A \rightarrow bCaCa$ 7. $A \rightarrow baCa$ 8. $A \rightarrow baa$ 9. $A \rightarrow bCaa$ 10. $B \rightarrow A$ 11. $B \rightarrow bS$ 12. $B \rightarrow bCAa$ 13. $B \rightarrow bAa$ 14. $C \rightarrow AB$ 15. $D \rightarrow AB$	$B \rightarrow a$ $B \rightarrow aS$ $B \rightarrow bCaCa$ $B \rightarrow baCa$ $B \rightarrow baa$ $B \rightarrow bCaa$
---	---

1. $S \rightarrow bA$ 2. $S \rightarrow BC$ 3. $S \rightarrow B$ 4. $A \rightarrow a$ 5. $A \rightarrow aS$ 6. $A \rightarrow bCaCa$ 7. $A \rightarrow baCa$ 8. $A \rightarrow baa$ 9. $A \rightarrow bCaa$ 11. $B \rightarrow bS$ 12. $B \rightarrow bCAa$ 13. $B \rightarrow bAa$ 15. $B \rightarrow a$ 16. $B \rightarrow aS$ 17. $B \rightarrow bCaCa$ 18. $B \rightarrow baCa$ 19. $B \rightarrow baa$ 20. $B \rightarrow bCaa$ 14. $C \rightarrow AB$ 15. $D \rightarrow AB$	$S \rightarrow bS$ $S \rightarrow bCAa$ $S \rightarrow bAa$ $S \rightarrow a$ $S \rightarrow aS$ $S \rightarrow bCaCa$ $S \rightarrow baCa$ $S \rightarrow baa$ $S \rightarrow bCaa$
---	--

Renaming-free productions:

1. $S \rightarrow bA$
2. $S \rightarrow BC$
3. $S \rightarrow bS$
4. $S \rightarrow bCAa$
5. $S \rightarrow bAa$
6. $S \rightarrow a$
7. $S \rightarrow aS$
8. $S \rightarrow bCaCa$
9. $S \rightarrow baCa$

10. $S \rightarrow baa$
11. $S \rightarrow bCaa$
12. $B \rightarrow bS$
13. $B \rightarrow bCAa$
14. $B \rightarrow bAa$
15. $B \rightarrow a$
16. $B \rightarrow aS$
17. $B \rightarrow bCaCa$
18. $B \rightarrow baCa$
19. $B \rightarrow baa$
20. $B \rightarrow bCaa$
21. $A \rightarrow a$
22. $A \rightarrow aS$
23. $A \rightarrow bCaCa$
24. $A \rightarrow baCa$
25. $A \rightarrow baa$
26. $A \rightarrow bCaa$
27. $C \rightarrow AB$
28. $D \rightarrow AB$

Eliminating unproductive symbols

<ol style="list-style-type: none"> 1. $S \rightarrow bA$ 2. $S \rightarrow BC$ 3. $S \rightarrow bS$ 4. $S \rightarrow bCAa$ 5. $S \rightarrow bAa$ 6. $S \rightarrow a$ 7. $S \rightarrow aS$ 8. $S \rightarrow bCaCa$ 9. $S \rightarrow baCa$ 10. $S \rightarrow baa$ 11. $S \rightarrow bCaa$ 12. $B \rightarrow bS$ 13. $B \rightarrow bCAa$ 14. $B \rightarrow bAa$ 15. $B \rightarrow a$ 16. $B \rightarrow aS$ 17. $B \rightarrow bCaCa$ 18. $B \rightarrow baCa$ 19. $B \rightarrow baa$ 20. $B \rightarrow bCaa$ 21. $A \rightarrow a$ 22. $A \rightarrow aS$ 23. $A \rightarrow bCaCa$ 24. $A \rightarrow baCa$ 25. $A \rightarrow baa$ 26. $A \rightarrow bCaa$ 	
--	--

27. C->AB 28. D->AB	
------------------------	--

There are **no unproductive symbols**. Result:

1. S->bA
2. S->BC
3. S->bS
4. S->bCAa
5. S->bAa
6. S->a
7. S->aS
8. S->bCaCa
9. S->baCa
10. S->baa
11. S->bCaa
12. B->bS
13. B->bCAa
14. B->bAa
15. B->a
16. B->aS
17. B->bCaCa
18. B->baCa
19. B->baa
20. B->bCaa
21. A->a
22. A->aS
23. A->bCaCa
24. A->baCa
25. A->baa
26. A->bCaa
27. C->AB
28. D->AB

Eliminating inaccessible productions

- | | |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. S->bA 2. S->BC 3. S->bS 4. S->bCAa 5. S->bAa 6. S->a 7. S->aS 8. S->bCaCa 9. S->baCa 10. S->baa 11. S->bCaa 12. B->bS 13. B->bCAa 14. B->bAa | |
|--|--|

15. $B \rightarrow a$ 16. $B \rightarrow aS$ 17. $B \rightarrow bCaCa$ 18. $B \rightarrow baCa$ 19. $B \rightarrow baa$ 20. $B \rightarrow bCaa$ 21. $A \rightarrow a$ 22. $A \rightarrow aS$ 23. $A \rightarrow bCaCa$ 24. $A \rightarrow baCa$ 25. $A \rightarrow baa$ 26. $A \rightarrow bCaa$ 27. $C \rightarrow AB$ 28. $D \rightarrow AB$	
--	--

Inaccessible productions eliminated:

1. $S \rightarrow bA$
2. $S \rightarrow BC$
3. $S \rightarrow bS$
4. $S \rightarrow bCAa$
5. $S \rightarrow bAa$
6. $S \rightarrow a$
7. $S \rightarrow aS$
8. $S \rightarrow bCaCa$
9. $S \rightarrow baCa$
10. $S \rightarrow baa$
11. $S \rightarrow bCaa$
12. $B \rightarrow bS$
13. $B \rightarrow bCAa$
14. $B \rightarrow bAa$
15. $B \rightarrow a$
16. $B \rightarrow aS$
17. $B \rightarrow bCaCa$
18. $B \rightarrow baCa$
19. $B \rightarrow baa$
20. $B \rightarrow bCaa$
21. $A \rightarrow a$
22. $A \rightarrow aS$
23. $A \rightarrow bCaCa$
24. $A \rightarrow baCa$
25. $A \rightarrow baa$
26. $A \rightarrow bCaa$
27. $C \rightarrow AB$

Following the CNF rules:

1. S->bA	$S \rightarrow X1 A$		
2. S->BC	$S \rightarrow B C$		
3. S->bS	$S \rightarrow X1 S$		
4. S->bCAa	$S \rightarrow b Y0 a$	$S \rightarrow X1 Y0 X0$	$S \rightarrow Z1 X0$
5. S->bAa	$S \rightarrow X1 A X0$	$S \rightarrow Z2 X0$	
6. S->a	$S \rightarrow a$		
7. S->aS	$S \rightarrow X0 S$		
8. S->bCaCa	$S \rightarrow X1 C X0 C X0$	$S \rightarrow Z3 Z4 X0$	$S \rightarrow Z8 X0$
9. S->baCa	$S \rightarrow X1 X0 C X0$	$S \rightarrow Z5 Z6$	
10. S->baa	$S \rightarrow X1 X0 X0$	$S \rightarrow Z5 X0$	
11. S->bCaa	$S \rightarrow X1 C X0 X0$	$S \rightarrow Z3 Z7$	
12. B->bS	$B \rightarrow X1 S$		
13. B->bCAa	$B \rightarrow X1 Y0 X0$	$B \rightarrow Z1 X0$	
14. B->bAa	$B \rightarrow X1 A X0$	$B \rightarrow Z2 X0$	
15. B->a	$B \rightarrow a$		
16. B->aS	$B \rightarrow X0 S$		
17. B->bCaCa	$B \rightarrow X1 C X0 C X0$	$B \rightarrow Z3 Z4 X0$	$B \rightarrow Z8 X0$
18. B->baCa	$B \rightarrow X1 X0 C X0$	$B \rightarrow Z5 Z6$	
19. B->baa	$B \rightarrow X1 X0 X0$	$B \rightarrow Z5 X0$	
20. B->bCaa	$B \rightarrow X1 C X0 X0$	$B \rightarrow Z3 Z7$	
21. A->a	$A \rightarrow a$		
22. A->aS	$A \rightarrow X0 S$		
23. A->bCaCa	$A \rightarrow X1 C X0 C X0$	$A \rightarrow Z3 Z4 X0$	$A \rightarrow Z8 X0$
24. A->baCa	$A \rightarrow X1 X0 C X0$	$A \rightarrow Z5 Z6$	
25. A->baa	$A \rightarrow X1 X0 X0$	$A \rightarrow Z5 X0$	
26. A->bCaa	$A \rightarrow X1 C X0 X0$	$A \rightarrow Z3 Z7$	
27. C->AB	$C \rightarrow AB$		

Additionally made productions:

From terminals	From initial non-terminals	Others
28. X0->a 29. X1->b	30. Y0->CA	31. Z1->X1Y0 32. Z2->X1A 33. Z3->X1C 34. Z4->X0C 35. Z5->X1X0 36. Z6->CX0 37. Z7->X0X0 38. Z8->Z3Z4

CNF:

1. S->BC
2. S->a
3. S->X1A
4. S->X1S
5. S->X0S
6. S->Z1X0

7. $S \rightarrow Z2X0$
8. $S \rightarrow Z8X0$
9. $S \rightarrow Z5Z6$
10. $S \rightarrow Z5X0$
11. $S \rightarrow Z3Z7$
12. $B \rightarrow a$
13. $B \rightarrow X1S$
14. $B \rightarrow X0S$
15. $B \rightarrow Z1X0$
16. $B \rightarrow Z2X0$
17. $B \rightarrow Z8X0$
18. $B \rightarrow Z5Z6$
19. $B \rightarrow Z5X0$
20. $B \rightarrow Z3Z7$
21. $A \rightarrow a$
22. $A \rightarrow X0S$
23. $A \rightarrow Z8X0$
24. $A \rightarrow Z5Z6$
25. $A \rightarrow Z5X0$
26. $A \rightarrow Z3Z7$
27. $C \rightarrow AB$
28. $X0 \rightarrow a$
29. $X1 \rightarrow b$
30. $Y0 \rightarrow CA$
31. $Z1 \rightarrow X1Y0$
32. $Z2 \rightarrow X1A$
33. $Z3 \rightarrow X1C$
34. $Z4 \rightarrow X0C$
35. $Z5 \rightarrow X1X0$
36. $Z6 \rightarrow CX0$
37. $Z7 \rightarrow X0X0$
38. $Z8 \rightarrow Z3Z4$